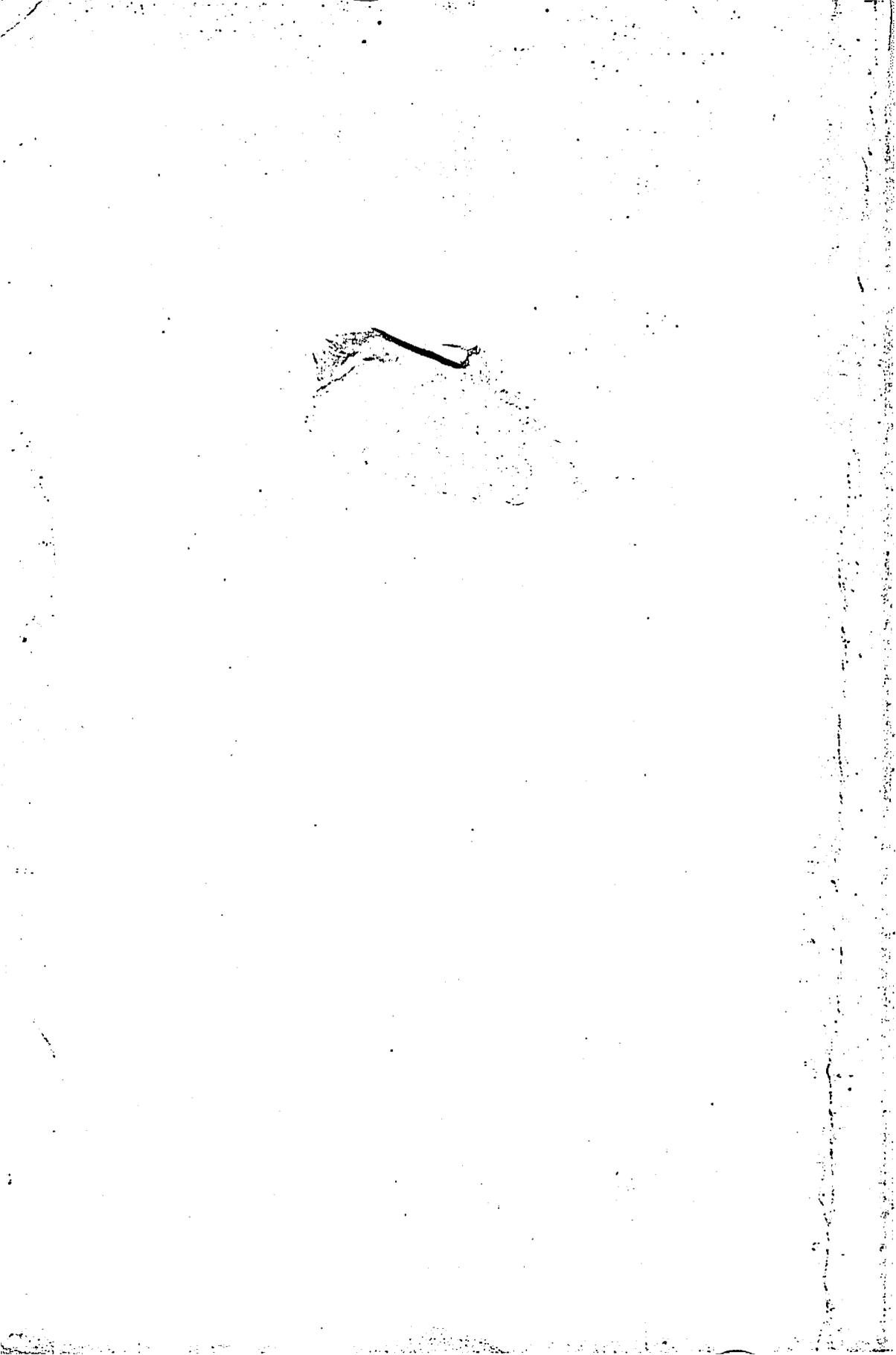




**RESPOSTA A FÓSFORO, MICORRIZA E
NITROGÊNIO DE BRAQUIARÃO E
AMENDOIM FORRAGEIRO
CONSORCIADOS**

ÍVINA PAULA ALMEIDA DOS SANTOS

1999



48083

33-BIMFN

ÍVINA PAULA ALMEIDA DOS SANTOS

**RESPOSTA A FÓSFORO, MICORRIZA E
NITROGÊNIO DE BRAQUIARÃO E
AMENDOIM FORRAGEIRO CONSORCIADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração Forragicultura e Pastagem, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador
Prof. José Cardoso Pinto

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
1999

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Santos, Ívina Paula Almeida dos

Resposta a fósforo, micorriza e nitrogênio de braquiarião e amendoim forrageiro consorciados / Ívina Paula Almeida dos Santos. -- Lavras : UFLA, 1999.

158 p. : il.

Orientador: José Cardoso Pinto.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. *Brachiaria brizantha* cv. MG-4. 2. *Arachis pintoi* cv. Amarillo. 3. Rendimento – Matéria seca. 4. Acúmulo de mineral. 5. Peso de nódulo seco. 6. Colonização micorrízica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título

CDD-633.2

ÍVINA PAULA ALMEIDA DOS SANTOS

**RESPOSTA A FÓSFORO, MICORRIZA E
NITROGÊNIO DE BRAQUIARÃO E
AMENDOIM FORRAGEIRO CONSORCIADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração Forragicultura e Pastagem, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 13 de setembro de 1999

Prof. Antônio Ricardo Evangelista

UFLA

Prof. Nilton Curi

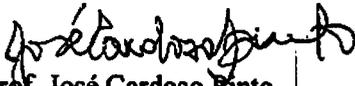
UFLA

Prof. Augusto Ramalho de Moraes

UFLA

Prof. José Oswaldo Siqueira

UFLA


Prof. José Cardoso Pinto
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Ao *Supremo DEUS*,
Criador de todo o Universo,
por estar sempre comigo e
transformar esse desafio em vitória,

AGRADEÇO EM ESPECIAL

Aos meus avós, *Leobino e Juana*,
por sempre acreditarem em mim e
pelo amor dispensado,

OFEREÇO

Aos meus queridos pais, *Antonio e Estela*, pelos
ensinamentos, apoio, caráter e amor oferecidos
gratuitamente, e aos meus irmãos *Blno*,
Marquinho, Jonay e Isabela, pelo incentivo e
carinho,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Curso de Pós-Graduação do Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao Programa Especial de Treinamento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (PET/CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

Ao Prof. José Cardoso Pinto pela orientação, pela prestatividade e pelos conhecimentos transmitidos no decorrer do curso.

Ao Prof. José Oswaldo Siqueira pela constante colaboração, imprescindível para a elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Augusto Ramalho de Moraes pela orientação na parte estatística.

Aos Profs. Nilton Curi e Antônio Ricardo Evangelista pelas sugestões.

Aos professores da Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia (EAUFBA): Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira, pela orientação no Programa Especial de Treinamento (PET/CAPES), pela segurança e doação do saber e pela grande amizade e estímulo; Jorge Antonio Gonzaga e Amilcar Baiardi (Tutores do PET) e Luiz Gonzaga Mendes (Coordenador do Curso de Pós-Graduação), pelo grande incentivo.

À minha grande amiga *Cristiane Leal* pela verdadeira personificação da amizade mesclada por um agradabilíssimo convívio e por estar sempre presente em todos os momentos.

*“ ... Amigo é coisa pra se guardar do lado
esquerdo do peito, dentro do coração, ainda
que o tempo e a distância digam não ... ”*

Milton Nascimento

Aos amigos Murilo e Daniela pela amizade.

Aos estudantes Leonardo e Erick pelo auxílio na condução do experimento e à Mariele pela colaboração nas análises laboratoriais.

Ao estudante de mestrado do Departamento de Ciência do Solo, Divino Levis, pelo auxílio na obtenção das bactérias do gênero *Bradhyrizobium*.

À Empresa de sementes MATSUDA Minas Com. e Ind. LTDA, pela concessão das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-4 e de *Arachis pintoi* cv. Amarillo utilizadas no experimento.

Aos funcionários do Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química – UFLA, Marcelo, Cleusa, Guimarães e Joales, pela grande ajuda na realização das análises de minerais.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Márcio, Suelba e José Virgílio, pelo grande auxílio.

Ao funcionário do Laboratório de Microbiologia do Solo, Manoel Aparecido da Silva, pela prestatividade e ajuda na realização das análises microbiológicas.

Aos funcionários do DZO, Mariana, Pedro, Carlos e José Geraldo.

Aos funcionários da Biblioteca, Sebastião Pinto Alves (Tião), José Maria dos Santos (Zé), Antônio Máximo de Carvalho (Marcinho) e José Henrique Pereira, pela ajuda na busca das literaturas.

À Gislane (Gi) pela prontidão na entrega das fotocópias.

Aos colegas do curso de Mestrado em Zootecnia, Sidney, Vladimir, Éder, Eduardo, Estela, Fabiana, Marco Aurélio, Érika, Inácio, Delma, Vitor e a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ÍVINA PAULA ALMEIDA DOS SANTOS, filha de Antônio dos Santos e Maria Estela Almeida dos Santos, nasceu em 09 de fevereiro de 1972 no município de Cruz das Almas, estado da Bahia.

Em abril de 1992 ingressou na Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia (EAUFBA), onde em 01 de março de 1997 obteve o título de Engenheira Agrônoma. Em janeiro de 1993 ingressou no Programa Especial de Treinamento da Coodenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (PET/CAPES), sob o tutoramento dos Professores Amilcar Baiardi e Jorge Antônio Gonzaga, sendo orientada, em 1993, pelo Prof. Jorge Gonzaga e, posteriormente, até o término da graduação, pelo Prof. Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira.

Em março de 1997 iniciou o curso de Pós-Graduação em Zootecnia, na Universidade Federal de Lavras – MG, concentrando os seus estudos na área de Forragicultura e Pastagens, sob a orientação do Prof. José Cardoso Pinto.

Em 13 de setembro de 1999 submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de “Mestre”.

“A vida não se discute, vive-se.”

Gabriel

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	01
2. REFERENCIAL TEÓRICO	03
2.1 Fósforo em Plantas Forrageiras	03
2.2. Micorriza	06
2.2.1. Aspectos Gerais	06
2.2.2. Efeitos da Simbiose nas Plantas	09
2.2.3. Associação Micorrízica em Plantas Forrageiras	11
2.3. Nitrogênio em Plantas Forrageiras	13
2.4. Consorciação Gramínea-Leguminosa	15
2.5. Caracterização das Espécies Utilizadas	17
2.5.1. <i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich) Stapf	17
2.5.2. <i>Arachis pintoii</i> Krap. et Greg.	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Local e Período	22
3.2. Caracterização, Coleta e Preparo do Solo	22
3.3. Delineamento Experimental e Tratamentos	24
3.4. Semeadura e Condução do Experimento	24
3.5. Parâmetros Avaliados	25
3.6. Análises Estatísticas	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA)	29
4.2. Matéria Seca do Sistema Radicular	44

4.3. Teores de Fibra em Detergente Neutro (FDN) na MSPA	46
4.4. Teores de Fibra em Detergente Ácido (FDA) na MSPA	54
4.5. Composição Mineral	62
4.5.1. Nitrogênio	62
4.5.2. Fósforo	75
4.5.3. Potássio	86
4.5.4. Cálcio	98
4.5.5. Magnésio	107
4.5.6. Enxofre	117
4.6. Colonização Micorrízica , Densidade de Esporos e Peso de Nódulos secos	127
4.7. Considerações Gerais	134
5. CONCLUSÕES	138
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140

RESUMO

SANTOS, Ívina Paula Almeida dos. **Resposta a fósforo, micorriza e nitrogênio de braquiário e amendoim forrageiro consorciados.** Lavras: UFLA, 1999. 158p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia) *

Com o objetivo de avaliar as respostas de fungo micorrizico arbuscular, P e N na produção e qualidade da forragem de *Brachiaria brizantha* cv. MG-4 e *Arachis pintoi* cv. Amarillo consorciados, em solo de baixa fertilidade, foi conduzido um experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras (MG). Foi utilizado um solo classificado como Latossolo Vermelho-Escuro, coletado no município de São João Del Rei (MG). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, num esquema fatorial 5x2x2, com 4 repetições, perfazendo um total de 20 tratamentos, sendo 5 doses de P (25, 50, 75, 100 e 200 mg de P/dm³ de solo), 2 tratamentos de inoculação (inoculado e não inoculado com o FMA *Glomus etunicatum*) e 2 tratamentos de N (com e sem N em cobertura), aplicados às espécies forrageiras *B. brizantha* e *A. pintoi* consorciadas. Realizaram-se três cortes da parte aérea das plantas para a determinação da produção de MS, teores de FDN e FDA e quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg e S. Após o terceiro corte, avaliaram-se a produção de MS da raiz, o peso de nódulos secos da leguminosa, a taxa de colonização micorrizica e a densidade de esporos no solo. Os resultados obtidos permitiram verificar que o aumento das doses de P, a inoculação e a aplicação de N em cobertura influenciaram significativamente todas as variáveis estudadas. A adubação fosfatada, e principalmente a nitrogenada, provocaram um aumento no conteúdo de N, P, K, Ca, Mg e S no braquiário. Para o amendoim forrageiro observou-se uma redução destes minerais com a aplicação de N. Os teores de FDN e de FDA foram aumentados com o P e reduzidos com o N em ambas as espécies. No entanto, a participação do amendoim no consórcio foi reduzida pelo P e o N. O amendoim, por sua vez, apresentou alta dependência micorrizica (63,5%), enquanto o braquiário, baixíssima (5,1 %). Elevadas doses de P reduziram a colonização micorrizica e a densidade de esporos no solo. O P e a inoculação aumentaram o peso de nódulos secos.

Comitê Orientador: José Cardoso Pinto – UFLA (Orientador), José Oswaldo Siqueira – UFLA, Augusto Ramalho de Moraes – UFLA e Nilton Curi – UFLA

ABSTRACT

SANTOS, Ívina Paula Almeida dos. **Response to phosphorus, mycorrhizal and nitrogen of braquiarião and forage peanut intercropped.** Lavras: UFLA, 1999. 158p. (Dissertation – Master Program in Animal Science). *

The objective of this work was to study the responses of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), phosphorus (P) and nitrogen (N) on production and quality of the forage of *Brachiaria brizantha* cv. MG-4 and *Arachis pintoi* cv. Amarelo intercropped, in soil of low fertility. An experiment was carried out under greenhouse condition, in the Department of Soil Science of the Universidade Federal de Lavras – UFLA (MG). A soil classified as Red Dark Latosol was used, collected in the district of São João Del Rei (MG). The experimental design was completely randomized in a 4x2x2 factorial arrangement with four replications, five P levels (25, 50, 75, 100 e 200 mg P/dm³ soil), two inoculation treatments (inoculated and no inoculated whth AMF *Glomus etunicatum*) and two treatments of N (whit and without N), applied to forages species *B. brizantha* and *A. pintoi* intercropped. Three cuttings of the aerial part of the plants were made for the determination of the production of dry matter (DM), contents of NDF and ADF and accumulated amounts of N, P, K, Ca Mg and S. After the third cutt, the production of DM of the root, weight of dry nodules of the legume, mycorrhizal colonization rate and density of spores in the soil, were evaluated. The results obtained allowed to conclud that the increase of P doses, inoculation and application of N influenced significantly whole the studied variables. The P fertilization and, mainly the nitrogen fertilization, increase the contents of N, P, K, Ca, Mg and S for the braquiarião. For the forage peanut a reduction of these minerals was observed with the application of N. The contents of NDF and ADF increased with P and reduced whit N in both species. However, the participation of the forage peanut in the intercrop was reduced by P and N. The forage peanut presented high mycorrhizal dependence (63,5%), while braquiarião presented low dependence (5,1%). High doses of P reduced the mycrhizal colonization rate and the density of spores in the soil. The P and inoculation increased the weight of dry nodules.

* Guidance Commitee: José Cardoso Pinto – UFLA (Adviser), José Oswaldo Siqueira – UFLA, Augusto Ramalho de Moraes – UFLA and Nilton Curi - UFLA

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, cerca de 70% dos solos cultivados apresentam alguma limitação séria de fertilidade. A baixa disponibilidade de fósforo (P), nitrogênio (N) e a saturação de alumínio (Al) são os fatores químicos que limitam com mais intensidade a produção forrageira nos solos ácidos tropicais, dificultando, assim, uma exploração racional e econômica da pecuária, como se observa na maioria dos solos da Zona Fisiográfica Campos das Vertentes, que se situa no sudoeste de Minas Gerais. Os solos predominantes nesta região são Latossolos e Cambissolos, essencialmente ácidos e pobres em nutrientes, prejudicando o desenvolvimento agrícola da região, notadamente as pastagens.

A deficiência de P no solo, além de comprometer o valor nutritivo da forragem, tem primeiramente efeito sobre o estabelecimento e desenvolvimento das plantas forrageiras, comprometendo a capacidade de suporte das pastagens e a oportunidade de introdução de leguminosas para a formação de pastagens consorciadas (Moreira et al., 1979).

A inclusão de leguminosas nas pastagens tropicais é de grande importância para a manutenção do nível adequado de proteína bruta (PB) na dieta animal, seja pelo efeito direto da ingestão de leguminosas ou pelo efeito indireto do acréscimo no conteúdo de nitrogênio (N) da pastagem, pela capacidade da leguminosa, em simbiose com bactérias específicas, fixar o N atmosférico, contribuindo significativamente para a melhoria da fertilidade do solo e, conseqüentemente, aumento da produção de forragem.

Como o sucesso no estabelecimento, nodulação e fixação de N_2 das leguminosas forrageiras nas pastagens depende de uma boa nutrição fosfatada (Gibson, 1976) e o custo unitário deste fertilizante é relativamente alto, torna-se fundamental o desenvolvimento de tecnologias alternativas que

melhorem o aproveitamento do P nestes solos. Neste sentido, há várias décadas têm sido reconhecidos os efeitos das micorrizas arbusculares na nutrição vegetal. Os estímulos ao crescimento das plantas atribuídos aos fungos micorrízicos arbusculares (FMA's) estão fortemente correlacionados com a maior acumulação de nutrientes de baixa mobilidade, em particular o P.

A redução na aplicação de fertilizantes nitrogenados e fosfatados, em função de uma maior eficiência na absorção e utilização de N e P pelas plantas consorciadas, através de FMA's, concorrem para uma maior viabilidade e sustentabilidade de sistemas consorciados.

Este trabalho teve como objetivos avaliar as respostas de fungo micorrízico arbuscular, P e N na produção e qualidade da forragem do consórcio entre o braquiário [*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. MG - 4] e amendoim forrageiro ou perene (*Arachis pintoii* Krap. et Greg. cv. Amarillo), em solo de baixa fertilidade; estudar os níveis de infecção das raízes e determinar a densidade de esporos no solo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Fósforo em Plantas Forrageiras

A deficiência de P é um dos fatores mais limitantes ao cultivo das pastagens na América Tropical. Cerca de 95% dos solos brasileiros são deficientes em P (Paulino et al., 1992) em consequência do tipo de solo e da baixa mobilidade do íon fosfato, como também da forte energia com que ele é retido pelas partículas do solo e pela pobreza deste elemento nos materiais de origem (Muggler et al., 1996; Vale, Guedes e Guilherme, 1995).

Estes solos, comumente ácidos e deficientes em cálcio (Ca) e magnésio (Mg), contêm elevadas quantidades de óxidos e hidróxidos de ferro (Fe) e Al, os quais contribuem para uma rápida "fixação" do P de fontes solúveis, tais como os superfosfatos simples e triplo (Salinas e Sanchez, 1976; Foy, 1976), gerando, assim, uma séria limitação ao estabelecimento das plantas.

A falta de P no solo reduz o desenvolvimento das espécies forrageiras e a concentração de P na matéria seca (MS) da parte aérea destas, provocando severos prejuízos nutricionais aos animais que as consomem (Faquin et al., 1997).

A essencialidade do P para a produtividade das plantas, entre elas as forrageiras, decorre de sua participação nas membranas celulares, nos fosfolípidios, nos ácidos nucleicos e em compostos que armazenam, transportam e fornecem energia metabólica como o ATP e, assim, em uma série de processos metabólicos dos vegetais, tais como fotossíntese; síntese de macromoléculas como carboidratos, proteínas, gorduras; absorção ativa de nutrientes; trabalho mecânico, dentre outros (Marschner, 1986; Van Raij, 1991).

A carência de P no solo é tão prejudicial quanto a do N, em vista da sua salutar função no metabolismo das plantas (Epstein, 1975). No entanto, embora seja classificado como macronutriente primário e de grande importância na adubação, os seus teores nas plantas são bem mais baixos do que os de N e K, aproximando-se mais dos teores dos macronutrientes tidos como secundários (Van Raij, 1991), sendo um elemento essencial principalmente na fase reprodutiva. Para as plantas forrageiras, a sua deficiência provoca uma redução no crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, diminuindo o perfilhamento e, conseqüentemente, a capacidade produtiva das espécies (Lobato, Kornelius e Sanzonowicz, 1986).

As exigências de P pelas plantas diferem entre os gêneros, as espécies e os cultivares de forrageiras (Salinas e Sanchez, 1976).

Vários trabalhos ratificam a importância do P na produção das plantas forrageiras. Morikawa (1993), trabalhando em Latossolo variação Una originário da Zono Fisiográfica Campos das Vertentes – MG com braquiário (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) e andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth), verificou que o P foi o nutriente mais limitante ao crescimento e nutrição destas espécies, reduzindo o seu crescimento em 25% e 2%, respectivamente. O autor concluiu também, através da técnica do elemento faltante, que a omissão de P na adubação provocou uma redução de 98% da produção média de MS da parte aérea das gramíneas supracitadas, enquanto as omissões de N, enxofre (S), potássio (K) e calagem na adubação reduziram, respectivamente, em 72, 40, 24 e 17% a produção destas espécies forrageiras.

Pesquisas realizadas com soja [*Glycine max* (L.) Merrill] (Cassman, Whitney e Fox, 1981; Israel, 1987) e trevo (*Trifolium* sp) (Robson O'hara e Abbott., 1981) mostraram que estas espécies responderam positivamente a adubação fosfatada, uma vez que a mesma promoveu aumento na concentração

de N na planta, no teor de MS, no número de nódulos, no peso dos nódulos e na atividade da enzima nitrogenase.

Passos (1994), trabalhando com o braquiário neste mesmo tipo de solo, obteve uma resposta positiva desta espécie às fontes de P usadas, concluindo que a aplicação deste nutriente é essencial para o estabelecimento e a manutenção das pastagens neste solo.

Analisando o comportamento de *Brachiaria* spp sob diferentes tipos de solos, Guss (1988) verificou que as gramíneas responderam até a dose de 180 mg de P/dm³ de solo. Segundo o autor, as respostas foram mais acentuadas em termos de produção de MS e na emissão de perfilhos, sendo que o nível crítico de P no solo situou-se entre 32 e 58 µg/cm³ e na MS da forragem entre 0,15 e 0,29%.

O teor de P no solo é indubitavelmente o fator limitante no estabelecimento não apenas de gramíneas, mas também de leguminosas nas pastagens tropicais (Norris, 1972). Em ensaios exploratórios de fertilidade do solo, Costa, Paulino e Schammas (1989) constataram que o P foi o nutriente mais limitante ao crescimento de diversas leguminosas forrageiras tropicais, reduzindo significativamente os rendimentos de forragem, a nodulação e, conseqüentemente, os teores acumulados de N na MS produzida.

Costa, Paulino e Townsend (1997), avaliando a resposta do amendoim forrageiro a doses de P, concluíram que a adubação fosfatada aumentou significativamente os rendimentos de MS e os teores de Ca e K, contudo não influenciou os teores de P e Mg, sendo a eficiência de utilização de P inversamente proporcional às doses aplicadas. Resultados semelhantes foram obtidos por Costa, Paulino e Schammas (1989) para o guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] fertilizado com diferentes doses de P.

Tendo em vista o papel relevante da adubação fosfatada na produção e qualidade das plantas forrageiras e o custo relativamente alto dos fertilizantes

fosfatados, torna-se de suma importância o desenvolvimento de tecnologias que tornem mais eficientes o uso do P. Neste contexto, sugere-se o uso de fungos micorrizicos arbusculares que, além de potencializarem a absorção de nutrientes, são mais eficientes, principalmente em condições sub-ótimas de disponibilidade de P, situação predominante na maioria dos solos tropicais.

2.2. Micorrizas

2.2.1. Aspectos Gerais

Em 1885, o botânico alemão Albert Bernard Frank foi quem primeiro compreendeu o significado da associação simbiótica não antagônica que se estabelece entre as radículas de plantas superiores e determinadas espécies de fungos do solo (Zambolim e Siqueira, 1985), criando o termo “micorriza” para descrever esta simbiose, lançando as bases da atual “Micorrizologia”. O termo MICORRIZA origina-se do grego “mikes”, que significa fungo, e “rhiza”, raízes. Essas associações já eram conhecidas há pelo menos 50 anos antes de Frank, mas consideradas de natureza parasítica.

Siqueira e Franco (1988) definiram ‘micorriza’ como uma simbiose endofítica, biotrófica obrigatória e mutualista prevalente na maioria das plantas vasculares nativas e cultivadas, caracterizada pelo contato íntimo e a perfeita integração morfológica entre o fungo e a planta, pela regulação funcional e troca de metabólitos, com ‘benefícios mútuos’. Assim, micorrizas não são fungos, ou raízes, ou quaisquer associações entre fungos e raízes, mas sim associação mutualista entre raízes e certos grupos de fungos do solo.

O caráter biotrófico obrigatório dificulta os estudos sobre aspectos básicos da sua biologia e limita o uso de técnicas modernas que permitem a

análise e caracterização genética do fungo e principalmente dos fatores genéticos e gens que controlam sua infectividade (virulência) e eficiência simbiótica.

As micorrizas são agrupadas de acordo com a sua morfoanatomia em Ectomicorrizas, Ectoendomicorrizas e Endomicorrizas (Gerdemann, 1968). Em todos os tipos, o fungo penetra a raiz colonizando apenas o córtex, intercelularmente no caso das ectomicorrizas, e intracelularmente no caso das ectoendomicorrizas e endomicorrizas.

Lewis (1975) propôs a classificação das micorrizas em quatro categorias principais: ectomicorrizas, endomicorrizas vesículo-arbusculares (MVA), micorrizas ericáceas e micorrizas orquídeas.

A designação vesículo-arbuscular foi atribuída, inicialmente, em razão de suas estruturas características, aos arbúsculos, que ocorrem dentro das células corticais e às vesículas, que ocorrem dentro e entre as células corticais. Atualmente, sabe-se que nem todos os gêneros de fungos micorrízicos formam vesículas, passando, então, a serem denominados micorrizas arbusculares.

Em aproximadamente 70,9% das espécies de plantas tropicais ocorrem micorrizas arbusculares, 13,4% não ocorrem micorrizas e 15,7% ocorrem outros tipos de simbiose radicular com fungos (Trappe, 1987).

A associação micorrizica ocorre em grupos extremamente diversos de plantas, desde Briófitas até Pteridófitas, Gymnospermas e Angiospermas (Gerdemann, 1968). Certas plantas, porém, não incluem espécies micorrízicas, como membros das famílias *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae*, *Commelinaceae*, *Cyperaceae*, *Juncaceae* e *Proteaceae* e outras famílias, assim como membros de plantas herbáceas pertencentes à família *Caryophyllaceae*. Várias espécies de interesse agrônomo também não formam associações micorrízicas, tais como os membros da família *Amaranthaceae* (Thompson, 1994).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA's) são de extrema importância, uma vez que ocorrem em inúmeras culturas de interesse

agronômico, como as pertencentes às famílias das gramíneas e leguminosas (Gerdemann, 1968), e nesta revisão serão descritos alguns aspectos apenas deste tipo de associação micorrízica.

Os FMA's são atualmente classificados na Classe *Zigomicetae*, ordem *Glomales*, que é composta pelas famílias *Glomaceae*, *Acaulosporaceae* e *Gigasporaceae*. A taxonomia destes fungos é baseada nas características fenotípicas de seus esporos, como cor, tamanho, forma e morfologia da sua parede, espessura, número e disposição (Morton e Benny, 1990). Apenas tecidos específicos das raízes como o epidérmico e o cortical, são colonizados, enquanto os meristemáticos e os vasculares são resistentes à colonização (Bonfante e Perotto, 1992). As principais estruturas formadas no solo e no interior das raízes são: hifas extraradiculares, hifas intraradiculares, vesículas e arbúsculos.

A infecção inicia-se com a quebra da dormência dos propágulos dos fungos na rizosfera. Forma-se o tubo germinativo e as hifas infectivas, que por ação de enzimas hidrolíticas, como pectinases, celulases e hemicelulases, e por pressão mecânica penetram na raiz formando o apressório na zona de diferenciação e alongamento, constituindo a unidade de infecção. A partir deste ponto, as hifas se espalham pelo córtex intercelularmente, tomando-se intracelulares quando formam as hifas enoveladas, diferenciando-se em arbúsculos, nas camadas mais internas, e finalmente em vesículas e esporos (Siqueira e Franco, 1988). Os arbúsculos constituem o sítio de troca de metabólitos entre o fungo e a planta e possuem vida média de 4 a 13 dias (Barea e Azcón-Aguilar, 1983), quando, então, se degeneram. As vesículas são repletas de grânulos de lípidios e sua função é, provavelmente, a de órgão de reserva temporária do fungo (Gerdemann, 1968).

2.2.2. Efeitos da Simbiose nas Plantas

A interação entre o fungo micorrízico arbuscular e o hospedeiro geralmente é medida em termos de crescimento da planta hospedeira, no entanto esta associação contribui para o benefício de ambas as partes.

Smith e Gianinazzi-Pearson (1988) delinearão dois aspectos que contribuem para este mutualismo: a persistente fase biotrófica, manifestada pela compatibilidade fisiológica e estrutural entre os simbiontes e a habilidade de ambos os simbiontes contribuírem para a nutrição da associação.

Os efeitos dessas associações são normalmente resumidos no estímulo ao crescimento das plantas colonizadas com FMA's. Este estímulo pode ser de ordem nutricional e não nutricional (Mosse, 1981; Siqueira e Franco, 1988; Antonioli e Kaminski, 1991). Entretanto, Siqueira et al. (1994) consideram que a contribuição dos FMA's para a planta hospedeira está mais relacionada aos efeitos nutricionais como aumento na absorção e armazenamento temporário de nutrientes não disponíveis às plantas; armazenamento temporário de nutrientes na biomassa fúngica, evitando sua imobilização química ou biológica e lixiviação; favorecimento de microrganismos benéficos como mineralizadores e solubilizadores de nutrientes e diazotróficos na micorrizosfera; diminuição dos efeitos adversos do pH, Al, manganês (Mn) e metais pesados e estresse hídrico sobre a absorção de nutrientes. Estes efeitos são mais pronunciados, segundo Smith e Gianinazzi-Pearson (1988), em solos com baixa disponibilidade de nutrientes.

Os efeitos não nutricionais, por sua vez, dizem respeito à maior absorção e aproveitamento da água (Daniels e Hetrick, 1984); aumento na produção de fitormônios e proteção da raiz à penetração de patógenos de solo (Lopes e Oliveira, 1980; Paula e Siqueira, 1987), podendo ser usado como uma forma de controle biológico (Fitter e Carbaye, 1994) e maior eficiência no sistema de

fixação de N_2 por leguminosas (Mosse, 1977; Pacosky, Silva e Carvalho, 1991), estimulando a nodulação e a atividade da enzima nitrogenase, embora se admita que estes efeitos possam ser, também, consequência do melhor estado nutricional geral das plantas colonizadas por FMA's.

Entretanto, o principal efeito nutricional dos FMA's no aumento do crescimento da planta ocorre pela melhoria do suprimento de minerais de baixa mobilidade no solo, em particular o P (Hetrick, 1989; Bolan, 1991; Guo, George e Marschner, 1996), seguido pelo zinco (Zn) e cobre (Cu) (Bolan, 1991; Guo, George e Marschner, 1996). No entanto, as concentrações na planta de Mn (Kothari, Marschner e Roheld, 1991) e Fe (Clark, 1997) são freqüentemente diminuídas pela colonização micorrízica.

Segundo Marschner e Dell (1994), a infecção micorrízica aumenta o crescimento da planta pelo aumento da absorção de nutrientes via ampliação considerável do volume de solo explorado, podendo atingir regiões afastadas em até 5,0 cm da raiz, pois suas hifas externas podem absorver e translocar P para a planta hospedeira a partir do solo que está fora da zona de depleção da raiz (Johansen, Jakobsen e Jensen, 1993); pela mobilização lenta dos nutrientes disponíveis ou pela liberação de exsudados, conforme verificado por Ae, Otani e Tazawa (1996), capazes de solubilizar o P pouco solúvel fixado ao Fe e/ou Al, como os ácidos orgânicos cítrico e piscídico, que podem complexar o Fe e Al, liberando o P.

Embora as alterações nutricionais que ocorrem nas plantas sejam muito variáveis durante seu crescimento, muitas vezes, devido ao efeito da diluição, verifica-se um decréscimo de N, S, Ca, Mg e Na nos tecidos das plantas e um aumento de Br, I, Cl, Al e Si e dos ânions SO_4^{-2} , PO_3^{-3} , NO_3^{-} e Cl^- . Plantas micorrizadas geralmente acumulam menores teores de N, K, Ca, Mg e Na e maiores teores de SO_4^{-2} , PO_3^{-3} , NO_3^{-} e Cl^- (Marschner e Dell, 1994; Siqueira e Saggin-Júnior, 1995).

Quando a relação simbiótica fungo-planta se estabelece, a planta fornece energia e fatores de crescimento via fotossintetatos, enquanto o fungo absorve, através do micélio externo, nutrientes minerais, especialmente o P, da solução do solo, transferindo-os para a planta através dos arbúsculos. A micorrização representa um dreno adicional da planta de 10 a 20% de seus fotossintetatos que são requeridos para a formação, manutenção e função das estruturas micorrízicas (Jakobsen e Rosendahl, 1990). Para atender esta demanda adicional, as plantas micorrizadas passam por um ajuste fisiológico representado principalmente pela elevação na taxa de assimilação de CO₂ e redução dos carboidratos armazenados como amido (Siqueira et al, 1994).

2.2.3. Associação Micorrízica em Plantas Forrageiras

Aproximadamente 25% da superfície das terras do globo são cobertas por pastagens (Rosseto, 1988).

Um dos principais problemas no estabelecimento e na manutenção das pastagens melhoradas nos trópicos é o nível extremamente baixo de P total e P disponível, de importância no desenvolvimento do sistema radicular e no perfilhamento das gramíneas. Sua deficiência limita a capacidade produtiva das plantas forrageiras e, conseqüentemente, da pastagem e do animal.

Diante disso, os estudos sobre micorrizas em espécies forrageiras são particularmente interessantes porque tanto a implantação como a manutenção de pastagens têm sido feitas geralmente com adições pequenas de fertilizantes, inclusive os fosfatados. Nesse sentido, os fungos micorrízicos podem ser uma alternativa para melhorar o aproveitamento de nutrientes em pastagens cultivadas.

Saif (1987), após uma série de estudos com o uso da micorrização, concluiu que a aquisição de N, P, K, Ca e Mg foi consideravelmente superior

nos caules de plantas forrageiras tropicais micorrizadas do que nas não micorrizadas.

Analisando o efeito da inoculação de três espécies de FMA's (*Glomus clarum*, *Gigaspora* sp e *Gigaspora gigantea*) no crescimento e absorção de nutrientes em *Brachiaria decumbens* Stapf, Sano (1984) verificou que, à exceção de *Gigaspora gigantea*, os outros endófitos foram eficientes em aumentar o crescimento da braquiária, bem como o conteúdo de N, P, K, Ca e Mg na MS da parte aérea.

Por outro lado, Reis (1988) observou que houve uma redução de 30% no peso da MS da parte aérea de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* quando o substrato utilizado no plantio foi um solo com o fungo *Glomus etunicatum*. Resultado semelhante foi encontrado por Chagas (1990) para a *Brachiaria brizantha*, mostrando que esta gramínea apresentou baixa dependência micorrízica em relação ao peso da MS da parte aérea e das raízes. Entretanto, trabalhos conduzidos por Howeler, Sieverding e Saif (1987) mostraram alto grau de dependência micorrízica para as espécies do gênero *Brachiaria*.

Em solos ácidos, as taxas de crescimento radicular e de formação de pêlos radiculares são as chaves para a absorção de P pelas raízes não micorrizadas (Ernani, Santos e Kaminski, 1994). Assim, diferenças na morfologia das raízes são particularmente importantes para a resposta à micorrização em diferentes espécies, em solos ácidos (Schweiger, Robson e Borrow, 1995). Plantas com raízes grossas e pêlos radiculares curtos, tais como as leguminosas, apresentam um alto grau de dependência micorrízica. Por outro lado, plantas com raízes finas e pêlos radiculares bem desenvolvidos, como as gramíneas, geralmente respondem menos à micorrização (Bolan, Robson e Borrow, 1987).

Crush (1974) observou que leguminosas tropicais como as dos gêneros *Centrosema* e *Stylosanthes*, que produzem relativamente poucos pêlos radiculares, foram mais dependentes de micorriza do que leguminosas temperadas como *Trifolium* sp e *Lotus* sp, as quais possuem pêlos radiculares mais desenvolvidos.

Lopes (1980), estudando a resposta de várias leguminosas e gramíneas forrageiras, na presença ou ausência de quatro espécies de fungos vesículo-arbusculares (*Glomus macrocarpus*, *Glomus fasciculatus*, *Glomus margarita*, *Acaulospora laevis*), verificou que a associação do calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.) com *Glomus macrocarpus* foi a que promoveu o maior crescimento das plantas.

Crush (1974) ratificou o efeito da micorriza no estímulo à nodulação, demonstrando que a mesma estimulou o crescimento e a nodulação de *Centrosema pubescens*, *Stylosanthes guianensis*, *Trifolium repens* e *Lotus pedunculatus* e que as plantas não micorrizadas apresentavam taxas menores de fixação do N_2 , medida através da técnica da redução do acetileno.

2.3. Nitrogênio em Plantas Forrageiras

O N é considerado um dos elementos minerais de fundamental importância para as plantas, sendo constituinte essencial das proteínas, além de participar ativamente no processo fotossintético, fazendo parte da clorofila.

O crescimento e a persistência de gramíneas nos trópicos são freqüentemente limitados pela deficiência de N no solo, uma vez que este acelera a formação e o crescimento de novas folhas, melhora o vigor de rebrota, incrementando a sua recuperação após o corte, resultando em maior produção e capacidade de suporte das pastagens (Cecato et al., 1996).

A adubação nitrogenada propicia o desenvolvimento de tecido novo, rico em PB e pobre em parede celular e lignina (Whitney, 1974). Além disso, provoca aumento na longevidade das folhas, como demonstraram Corsi et al. (1994), trabalhando com as braquiárias marandu, decumbens e humidicola [*Brachiaria humidicola* (Rendel) Schwickerdt], concluindo que a adição de N evidenciou uma maior taxa de alongação de folhas, além de um maior número de folhas em alongação em Marandu.

Isepon et al. (1998), estudando o efeito de doses crescente de adubação nitrogenada na produção de MS e teores de PB e fibra em detergente neutro (FDN) na MS da parte aérea de cultivares do gênero *Cynodon*, observaram um aumento na produção de MS e teor de PB, entretanto, os teores de FDN não variaram.

As doses de adubação nitrogenada em pastagens tropicais variam grandemente, dependendo das condições de solo e clima e do nível tecnológico da exploração. Em explorações intensivas têm sido observados incrementos de produção a doses de 800 kg/ha/ano de N (Fernandes e Rossiello, 1986).

A produção de MS de gramíneas, em resposta à adubação com doses crescentes de N, dentro de limites, é normalmente linear e varia principalmente com o potencial genético das diferentes gramíneas, com a frequência de cortes e com as condições climáticas (Boin, 1986).

Os efeitos do N sobre o fungo micorrízico têm sido relatados como positivos, aumentando a colonização das raízes e a produção de esporos (Hepper, 1983). Outros pesquisadores mostraram que a aplicação de N pode ser reduzida com a inoculação com FM's (Johnson, Joiner e Crews, 1980), porém sua aplicação pode aumentar a biomassa micorrízica quando o N é um fator limitante ao desenvolvimento da planta.

Mosse e Phillips (1971), ao estudarem os efeitos da interação NxP na colonização micorrízica, concluíram que uma alta disponibilidade de P e baixo

teor de N aumentaram a colonização das raízes por FM's, enquanto Buwalda e Goh (1982) verificaram que uma alta disponibilidade de P e alto teor de N proporcionaram uma redução.

Ortas, Harris e Rowell (1996), pesquisando o efeito das formas de N no aumento da absorção de P pelas plantas micorrizadas, observaram que a adição de N na forma amoniacal (NH_4^+) promoveu um decréscimo no pH da rizosfera, favorecendo a solubilização do P complexado ao Ca e/ou AL e Fe, tornando-os mais disponíveis para hifas e raízes. Por outro lado, Li e Marschner (1991) verificaram que as plantas micorrizadas utilizam mais eficientemente o N-NH_4^+ do que as não micorrizadas.

2.4. Consorciação Gramínea – Leguminosa

A utilização de leguminosas na formação de pastagens consorciadas, além de assegurar a sustentabilidade da pastagem, garantindo o aporte de N no ecossistema, traz também vantagens nutricionais e econômicas à medida que enriquecem a dieta dos animais e reduzem os custos com adubação nitrogenada (Spain e Vilela, 1990).

A persistência das leguminosas nas pastagens tropicais tem sido baixa em decorrência de fatores como diferenças entre estas e as gramíneas quanto às taxas de crescimento, morfologia, palatabilidade, exigências nutricionais e grau de tolerância ao pastejo (Spain e Vilela, 1990; Barcelos e Vilela, 1994).

As associações triplas entre leguminosas, FM's e bactérias fixadoras de N_2 têm sido adotadas como minimizadoras desses efeitos adversos que afetam a sustentabilidade deste agroecossistema gramínea-leguminosa.

A co-existência de FM's e bactérias formando essa simbiose tripla foi primeiramente descrita por Jance em 1896 (Bagyaraj, 1984), mas atribuiu-se a

Asai, em 1948, a primeira observação de que a nodulação de várias leguminosas em simbiose com *Rhizobium* dependia da formação de micorriza vesículo-arbuscular (Barea e Azcón-Aguilar, 1983).

A fixação biológica de N é um processo que requer boa nutrição da planta. Considerando que o P é um elemento essencial para a eficiência da fixação e que os FMA's promovem maior absorção deste e de outros nutrientes pelas plantas, com certeza haverá um favorecimento na simbiose fixadora de N₂ naquelas plantas micorrizadas (Barea e Azcón-Aguilar, 1983).

As leguminosas são capazes de fixar quantidades substanciais de N, com valores que, na maioria dos casos, situam-se entre 60 e 140 kg/ha/ano (Euclides, Macedo e Oliveira, 1998) ou até 250 kg /ha/ano (Siqueira, 1993).

Em revisão efetuada por Boddey, Alves Júnior e Urquagua (1996), pode-se observar que a consorciação de *Andropogon gayanus* com *Stylosanthes* spp proporcionou uma contribuição à pastagem de 67 a 117 kg/ha/ano de N.

Trabalho realizado por Gibson (1976) reforça a idéia da importância dos FMA's em satisfazer a alta demanda por P apresentada pelo *Rhizobium* durante o processo de nodulação e fixação de N. O incremento na absorção de N provocado pela inoculação dos FMA's corroboram essa idéia, uma vez que, na ausência de inoculação, as quantidades de N acumuladas foram bastante baixas.

Como as leguminosas são, em geral, mais micotróficas que as gramíneas (Haynes, 1980), possuindo um sistema radicular menos desenvolvido; as micorrizas poderiam contrabalançar a menor capacidade competitiva das leguminosas absorvendo os nutrientes de baixa mobilidade, em particular o P.

Dessa forma, a melhoria da nutrição da gramínea consorciada com uma leguminosa pode ocorrer em duas fases: inicialmente os FM's aumentam a absorção de P pela leguminosa e, conseqüentemente, aumentam a sua fixação biológica de N₂ (Robson, O'hara e Abbott, 1981). Em uma segunda fase do processo simbiótico, ocorre a transferência de N da leguminosa para a gramínea.

O envolvimento de FM's neste processo ainda é pouco conhecido em seus detalhes.

Para Bressan (1996), os possíveis meios pelos quais o N pode ser transferido entre plantas são a transferência de exsudados através do contato entre as raízes; absorção de compostos nitrogenados das raízes, via solo, pelas hifas dos fungos micorrizicos e transferência direta desses compostos entre plantas através da conexão por hifas micorrizicas.

Simpson (1976) estimou que 3 a 20% do N fixado pela leguminosa foram transferidos para a gramínea em consorciação, por um período de 3 anos. Essa transferência de N pode ocorrer de forma bidirecional entre as plantas consorciadas. Smith e Smith (1990) postularam que os aminoácidos seriam a forma utilizada na transferência de N. Considerando a baixa disponibilidade de N e P que ocorre em muitos solos tropicais, a possível transferência de nutrientes entre plantas torna-se um importante processo na sua sustentabilidade.

Além disso, a redução na aplicação de fertilizantes nitrogenados e fosfatados em função de uma maior eficiência na absorção e utilização de N e P pelas plantas consorciadas através dos FMA's concorre para uma maior viabilidade e sustentabilidade de sistemas consorciados.

2.5. Caracterização das Espécies Utilizadas

2.5.1. *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf

No Brasil tropical, as gramíneas do gênero *Brachiaria* ocupam mais de 50% da área de pastagens cultivadas (Soares Filho, 1994). Tal fato decorre da sua adaptação a variadas condições de solo e clima, mas a sua expansão decorreu principalmente da adaptação a condições de solos com baixa e média fertilidade, que proporcionam produções satisfatórias de forragem.

Segundo Zimmer et al. (1994), dentre as espécies do gênero que mais se difundiram destaca-se a *Brachiaria brizantha*, originária de uma região vulcânica da África (Bogdan, 1977). Esta espécie foi introduzida no Brasil, em Ibirarema-SP, sendo posteriormente distribuída para várias regiões. Na década de 80, a Empresa Matsuda Sementes selecionou um novo cultivar da espécie *B. brizantha*, denominando-o *B. brizantha* cv. MG-4.

A *B. brizantha* cv. MG-4 é um cultivar recomendado como alternativa para os cerrados de média a alta fertilidade, proporcionando alta produção de forragem, persistência, boa capacidade de rebrota, tolerância ao frio, à seca, ao fogo e é tida como resistente ao ataque de cigarrinha. Em função do seu hábito de crescimento cespitoso, essa gramínea tem permitido a obtenção de maior sucesso na formação de pastagens consorciadas com leguminosas como soja perene [*Neonotonia wightii* (Wight & Arn. Lackey)], amendoim forrageiro e colopogônio. Apresenta teor de PB que varia de 8 a 11%, com alta digestibilidade e boa palatabilidade e uma produção de MS variando de 10 a 20 t/ha/ano.

2.5.2. *Arachis pintoii* Krap. et Greg.

É uma leguminosa forrageira perene, originária da Bahia - Brasil (Grof, 1984). Segundo Valls (1994), o acesso *Arachis pintoii* pertencente à Secção Caulorrhizae, o único disponível de 1954 a 1981, foi coletado pela primeira vez pelo Prof. Geraldo Pereira Pinto, em 1954, ao longo do rio Jequitinhonha, no município de Belmonte, BA. Uma vez coletado, este material foi mantido em observação em canteiros experimentais, no município de Cruz das Almas - BA, por vários anos. Em 1967 foi levado aos EUA e à Argentina por W.C. Gregory e A. Krapovikas, respectivamente, recebendo a designação GK 12787.

Em 1992, na Colômbia, foi liberado o acesso *A. pintoi* CIAT 17434 como cv. Mani Forrajero Perenne (Rincón et al., 1992); em 1987, na Austrália, foi liberado como cv. Amarillo (Cook, Williams e Wilson, 1990) e em 1993, em Honduras, como cv. Pico Bonito (SRN, 1993).

Grof (1984) identificou como os principais atributos dessa espécie a sua compatibilidade com várias espécies do gênero *Brachiaria*, persistência quando consorciada com gramíneas, resistência ao pastejo baixo, alta produção de sementes durante todo o ano que, unida ao seu bom desenvolvimento estolonífero, favorecem sua propagação.

A alta produção de sementes, bem como de plantas/m² do amendoim forrageio, para Rocha, Palacios e Grof (1985), se deve à sua neutralidade ao fotoperíodo, que favorece a sua floração várias vezes no ano, bem como à propriedade geocárpica dos frutos e à brotação das folhas a partir de estolões enraizados, que tomam difícil sua disponibilidade inicial para os animais, favorecendo, desta maneira, sua propagação. Seu florescimento é interrompido somente por períodos curtos durante estresse térmico ou umidade excessiva.

O estabelecimento desta espécie se realiza por sementes, no entanto é comum o emprego de material vegetativo em decorrência da difícil colheita de suas sementes (Cardozo e Ferguson 1995), pois cerca de 90% dos seus frutos se concentram até uma profundidade de 10,0 cm da superfície do solo (Ferguson, Cardozo e Sánchez, 1992). Entretanto, o plantio por sementes proporciona um melhor desenvolvimento inicial (Baruch e Fisher, 1992).

Para Pizarro e Rincón (1994), esta leguminosa, comumente conhecida como amendoim forrageiro ou perene, possui duas características que contribuem para o seu sucesso como cultivo de cobertura e proteção do solo: a habilidade de crescer sob sombreamento e a densa camada de estolões enraizados que protegem o solo dos efeitos erosivos das chuvas pesadas.

Além dessas características acima mencionadas, pode-se acrescentar o seu satisfatório desenvolvimento em regiões tropicais desde o nível do mar até 1800 m de altitude, com 1500 a 3500 mm de precipitação anual bem distribuída; apresenta boa adaptação a solos de mediana fertilidade e tolera solos com alta saturação de Al (Rincón et al., 1992).

Santana, Pereira e Rezende (1998), ao avaliarem o efeito do pastejo sobre o *A. pintoi* consorciado com a dictioneura [*Brachiaria dictyoneura* (Fig. & De Mot) Stapf], verificaram que a leguminosa mostrou-se persistente quando submetida a taxas de lotação de até 4 novilhos/ha, podendo-se recomendar tal associação. Embora a disponibilidade total de MS da pastagem tenha apresentado um decréscimo com o aumento da taxa de lotação, o ganho de peso dos animais não foi significativamente afetado, provavelmente devido aos altos teores de PB encontrados nesta leguminosa.

Grof (1979) cita teores de PB média anual para esta espécie de 14,2%, chegando a 21% e com uma digestibilidade *in vitro* da MS de 60% (Lascano e Thomas, 1988). Em média, os teores de Ca e P na parte aérea são de 1,77 e 0,18%, respectivamente (Alves et al., 1997). Apresenta boa palatabilidade (Lascano, 1994). Além de associar-se bem com as braquiárias (Grof, 1979; Lascano, 1994), pode-se citar outras gramíneas agressivas como as bermudas e estrelas (*Cynodon* spp) (González et al. 1996) proporcionando boas consorciações, podendo ser utilizadas em pastagens da região dos cerrados.

Apesar de terem sido identificadas diversas doenças que atacam o amendoim forrageiro, até o momento estas não têm limitado sua produção. As mais comuns são provocadas por *Sphaceloma arachidocola*, *Leptosphaerulina crassiasca*, *Colletotrichum truncatum* e mosaico causado por potivírus. Não são relatados danos por ferrugem e por nematóides.

As pragas mais comuns que atacam esta leguminosa são crisomélidos, que consomem as folhas, formigas e algumas larvas de lepdópteros. A presença

destas pragas ocorre de forma localizada nas pastagens e não afeta sua persistência e produtividade (Rincón et al., 1992).

Vários trabalhos estão sendo realizados com o objetivo de caracterizar os mais diversos acessos de *Arachis pintoi*. Neste contexto, Damé Siewerdt e Reis (1998) concluíram que o *Arachis pintoi* CIAT 17434 cv. Amarillo tem um valor nutritivo superior ao da maioria das leguminosas de estação quente de importância comercial. Ganhos anuais de peso vivo em pastagens com esta leguminosa têm variado de 160 a 200 kg/cabeça e de 250 a 600 kg/ha, dependendo das espécies de gramíneas associadas e do estresse da estação seca do local (Lascano, 1994).

O cultivar Amarillo tem apresentado alta persistência em consorciação com gramíneas forrageiras tropicais, alto potencial para a utilização como cobertura de pomares e áreas não cultivadas e como ornamental, sendo crescente sua utilização no Brasil (Alves et al., 1997).

A fixação biológica de N_2 por esta espécie se realiza pelas bactérias do gênero *Bradyrhizobium* presentes na maioria dos solos tropicais. Segundo Asawa e Ramirerr (1994), as plantas inoculadas apresentaram boa quantidade de nódulos, de coloração branca. A inoculação pode ser feita na semente ou nos estolões.

Considerando-se que o gênero *Arachis* é apontado como uma nova alternativa na melhoria das pastagens cultivadas das regiões tropicais, mais pesquisas mostram-se necessárias a fim de proporcionar condições favoráveis para permitir a expressão de sua potencialidade produtiva a custos mais satisfatórios. Como práticas alternativas, propõe-se o emprego de FMA's, por apresentarem como característica primordial favorecer a absorção de nutrientes, particularmente o P, essencial para o sucesso do estabelecimento, nodulação e fixação biológica de N_2 pelas leguminosas forrageiras.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e Período

O experimento foi conduzido, no período de janeiro a outubro de 1998, em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em Lavras, região sul do Estado de Minas Gerais, localizada a 21°14' de latitude sul e 40°00" de longitude oeste de Greenwich, a uma altitude de 918,84 metros.

3.2. Caracterização, Coleta e Preparo do Solo

Foi utilizado um solo classificado como Latossolo Vermelho-Escuro (LE), epi distrófico, textura muito argilosa, fase cerrado, procedente do distrito de Jaguara, município de São João Del Rei – MG, coletado a uma profundidade de 0 – 20 cm.

Após a coleta do solo, o mesmo foi peneirado em peneira de malha de 2,0 mm e seco ao ar. Subamostras homogêneas foram tomadas para a realização de análises químicas e físicas no Laboratório de Fertilidade do Solo do DCS - UFLA. Os resultados estão apresentados na Tabela 1. Em seguida, o solo foi submetido à calagem calculada pelo método de saturação por bases para se elevar o valor V para 60%, utilizando-se o calcário dolomítico calcinado (PRNT=100%). Decorridos 15 dias de incubação, o solo foi seco e acondicionado, por 72 horas, em uma caixa de cimento, vedada com lona plástica, na qual efetuou-se a desinfestação, utilizando-se o brometo de metila na dosagem de 1,0 dm³/m³ de solo, com o objetivo de eliminar todos os microrganismos, inclusive os fungos micorrízicos nativos.

Tabela 1 – Caracterização química e física do solo utilizado *

Atributos	Valores	Interpretação
pH em água	5,1	Acidez média
P (mg/dm ³)	1,0	Baixo
K ⁺ (mg/dm ³)	28,0	Baixo
Ca ²⁺ (cmol/dm ³)	0,4	Baixo
Mg ²⁺ (cmol/dm ³)	0,2	Baixo
Al ³⁺ (cmol/dm ³)	0,0	Baixo
H ⁺ + Al ³⁺ (cmol/dm ³)	4,0	Médio
S (cmol/dm ³)	0,7	Baixo
t (cmol/dm ³)	0,7	Baixo
T (cmol/dm ³)	4,7	Médio
m (%)	0,0	Baixo
V (%)	14	Muito Baixo
C (%)	1,4	Médio
Matéria Orgânica (dag/kg)	2,5	Média
Areia (%)	14	Baixo
Limo (%)	24	Baixo
Argila (%)	62	Muito Alto

* Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do DCS – UFLA, segundo a metodologia da EMBRAPA (1997)

O solo foi acondicionado em vasos sem furos com capacidade para 4,0 kg, cuja adubação de plantio constou da mistura dos fertilizantes superfosfato simples; cloreto de potássio e FTE BR 12, como fontes de P (25, 50, 75, 100 e 200 mg de P/dm³ solo), K (172 mg de K/dm³ solo) e micronutrientes (30,0 mg/dm³ de solo), respectivamente.. O N foi aplicado 15 dias depois do desbaste e após cada corte nos vasos pré-estabelecidos, na forma de nitrato de amônio,

em solução, na dose de 142,86 mg de $\text{NH}_4\text{NO}_3/\text{dm}^3$ de solo dissolvidos em 20 ml de água destilada, para fornecer 50 mg de N/Kg de solo.

3.3. Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo os tratamentos dispostos num esquema fatorial $5 \times 2 \times 2$, constituídos por cinco doses de P (25, 50, 75, 100 e 200 mg de P/kg de solo), dois tratamentos de inoculação (inoculado e não inoculado com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum* Becker & Gerd) e dois tratamentos de N (aplicação ou não de N em cobertura), totalizando 20 tratamentos.

3.4. Semeadura e Condução do Experimento

A semeadura foi efetuado em 27 de janeiro de 1998, utilizando-se oito sementes de braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. MG-4) e oito de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) por vaso. O desbaste foi realizado 15 dias após a emergência, deixando-se 2 plantas de cada espécie por vaso.

A inoculação com o fungo micorrízico arbuscular foi feita aplicando-se no solo, a 5,0 cm de profundidade e abaixo das sementes, 7,0 ml do inóculo contendo raízes infectadas e pedaços de hifas com aproximadamente 140 esporos em cada vaso. Nos vasos que não receberam o inóculo foram adicionados 10,0 ml de um filtrado preparado com 75,0 ml do inóculo misturado em 2,5 l de água. Esta solução foi filtrada em peneiras apropriadas com a finalidade de eliminar o fungo utilizado para não haver contaminação e, assim, equilibrar a população microbiana deste solo para todos os tratamentos.

O inóculo da espécie micorrízica *Glomus etunicatum* Becker e Gerd, selecionado pela sua efetividade e ocorrência comum na região, foi multiplicado

por cinco meses em vasos contendo solo esterilizado, tendo como planta hospedeira a espécie *Brachiaria brizantha*. As sementes de amendoim forrageiro foram inoculadas com *Bradyrhizobium* spp, estirpe 1405, mantidas em turfa, também cedida pela Seção de Microbiologia do Solo do DCS - UFLA.

A umidade do solo foi mantida a 60% do volume total de poros (VTP), com o uso de água destilada, através de pesagens dos vasos. Foram realizados três cortes a 5,0 cm do solo, sendo o primeiro efetuado aos 60 dias após a germinação (março/98), o segundo e o terceiro aos 45 (maio/98) e 160 (outubro/98) dias após o primeiro e o segundo, respectivamente. Os cortes só foram executados após se observar uma produção de matéria seca capaz de permitir a realização das análises pré-estabelecidas.

3.5. Parâmetros Avaliados

A parte aérea colhida após cada corte foi pesada para obtenção do rendimento de matéria seca (MS) e acondicionada em sacos de papel, previamente identificados. Este material foi seco em estufa com circulação de ar a 65-70°C para a obtenção do peso seco. Em seguida, o material foi moído em moinho tipo Willey, com malha de 20,0 mesh, armazenado em potes devidamente etiquetados para posteriores análises químicas. Após o último corte, com solo parcialmente seco, as raízes foram recuperadas através de peneiramento e coleta manual, seguida por lavagem em água corrente.

Os efeitos dos tratamentos sobre as espécies forrageiras foram avaliados pela produção de MS da parte aérea e da raiz; pelos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) e quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg e S na MS da parte aérea de cada espécie separadamente.

Os teores de N foram determinados através do método de Kjeldahl e os de FDN e FDA conforme método de Van Soest (A. O. A. C., 1990).

A determinação dos minerais (P, K, Ca, Mg e S) foi feita pelo método da digestão nitro-perclórica. Os teores de Ca e Mg nos extratos foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica; o K por fotometria de chama (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989); o P por colorimetria, e o S por turbidimetria (Blanchar, Rehm e Caldwell, 1965).

As análises para determinação da MS, N, FDN e FDA foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA e as análises para determinação dos teores de minerais foram realizadas no Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da UFLA.

Foi feita a avaliação da nodulação da leguminosa através do peso de nódulos secos a 65°C. Foram retiradas amostras de radículas e colocadas no conservante F.A.A. (13,0 ml de formol + 5,0 ml de ácido acético + 200,0 ml de etanol 50%) para posterior avaliação da colonização micorrizica. No preparo da amostra para esta avaliação foi utilizado o método descrito por Phillips e Hayman (1970), no qual, basicamente, se faz o clareamento das raízes pelo aquecimento em solução de KOH a 10%, acidificação com HCl diluído e a coloração com azul de tripano a 0,05%. A estimativa da porcentagem de colonização foi feita pelo método da placa riscada, segundo Giovanetti e Mosse (1980).

Para a quantificação de esporos no solo, as amostras compostas de aproximadamente 50,0 ml de solo foram submetidas ao método de decantação e peneiramento úmido, segundo Gerdemann e Nicolson (1963), seguida de centrifugação em água por três minutos e em sacarose 50% por dois minutos. No material obtido, foi feita a contagem de esporos, com auxílio de microscópio, em placas com anéis concêntricos.

3.6. Análises Estatísticas

Todos os parâmetros foram analisados utilizando-se o seguinte modelo linear:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + E_{(ijk)l}$$

sendo,

Y_{ijkl} : Valores observados dos rendimentos de MS da parte aérea e raiz, FDN, FDA, N, P, K, Ca, Mg, S, TC (taxa de colonização), PNS (peso de nódulos secos) e DES (densidade de esporos no solo), na dose i de P, da inoculação j , do nitrogênio k , na repetição l ($l = 1, 2, 3, 4$).

μ : média geral.

α_i : efeito da dose i de P ($i = 1, 2, 3, 4, 5$).

β_j : efeito do nível j da inoculação ($j = 1, 2$).

γ_k : efeito do nível k de N ($k = 1, 2$).

$(\alpha\beta)_{ij}$: efeito da interação dos fatores dose de P e inoculação.

$(\alpha\gamma)_{ik}$: efeito da interação dos fatores dose de P e N.

$(\beta\gamma)_{jk}$: efeito da interação dos fatores inoculação e N.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$: efeito da interação dos fatores dose de P, inoculação e N.

$E_{(ijk)l}$: erro experimental associado à observação Y_{ijkl} .

Os dados foram analisados usando o programa SANEST (Zonta e Machado, 1989). O teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade foi empregado para comparação entre as médias dos tratamentos de inoculação e de aplicação de N em cobertura. Ajustaram-se equações de regressão para descrição dos parâmetros avaliados em função das doses de P, utilizando-se o programa Table Curve. Foram determinadas, pela análise de regressão, as equações para

produção de MS da parte aérea e das raízes, teores de FDN e FDA, quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg e S, taxa de colonização micorrízica para ambas as espécies, densidade de esporos no solo e peso de nódulos secos.

Os dados referentes à percentagem de colonização das raízes e da densidade de esporos foram submetidos à transformação segundo as expressões:

$Y = \text{arc seno } \sqrt{x/100}$ ($x = \% \text{ de raízes colonizadas}$ e $Y = \text{dados transformados}$)

e $Y = \log^{(x+1)}$ ($x = \text{n}^\circ \text{ de esporos}/50,0 \text{ ml}$ e $Y = \text{dados transformados}$), respectivamente, com a finalidade de adequar os dados quanto a homogeneidade das variâncias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA)

Verificou-se resposta significativa da produção de MSPA do braquiarião para as doses de P no primeiro e terceiro cortes; para a inoculação, aplicação de N em cobertura e a interação P x N nos três cortes; para as interações P x I e I x N, apenas no primeiro corte e P x I x N no primeiro e terceiro cortes. Já para a produção de MSPA do amendoim forrageiro, a resposta foi significativa para as doses de P, N, P x I e P x N em todos os cortes; para a inoculação e I x N nos dois últimos cortes e para interação P x I x N nos dois primeiros cortes (Tabela 2).

TABELA 2. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para MSPA do braquiarião e amendoim forrageiro, em três cortes sucessivos, sob a influência de P, inoculação e N.

Fonte de Variação	MSPA					
	Braquiarião			Amendoim Forrageiro		
	1º Corte	2º Corte	3º Corte	1º Corte	2º Corte	3º Corte
P	300,75**	4,33 ^{ns}	84,12**	1,61*	0,23*	2,05**
I	27,52**	14,91**	44,50**	2,01 ^{ns}	1,00**	77,35**
N	157,27**	1661,06**	7223,80**	7,31**	4,46**	43,81**
P x I	26,65**	1,95 ^{ns}	8,91 ^{ns}	1,82*	0,49**	2,13**
P x N	14,06**	6,84**	74,71**	2,70**	0,64**	1,93**
I x N	20,05**	1,96 ^{ns}	2,27 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,52*	75,27**
P x I x N	6,73*	0,81 ^{ns}	12,40*	1,88*	0,41**	0,48 ^{ns}
Resíduo	2,29	1,77	4,25	0,62	0,09	0,38
CV (%)	12,18	18,52	17,43	28,82	46,06	37,76
Média Geral	12,41	7,19	11,83	2,73	0,65	1,63

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns (não significativo).

No primeiro corte, Figura 1a, houve uma tendência da produção de MSPA do braquiário aumentar com as doses de P, no entanto, as mesmas não permitiram atingir um máximo de produção, visto que as equações que foram ajustadas não possuem ponto de máximo. As plantas inoculadas apresentam-se com teores de MSPA superiores nas menores doses de P, tanto na presença como na ausência de N, em relação às não inoculadas. Parece haver uma compensação, ou seja, a micorrização em doses menores de P gera benefícios semelhantes às plantas cultivadas sob doses mais elevadas (Lu e Koide, 1994).

Para o amendoim forrageiro, Figura 1b, o decréscimo da produção de MSPA, após um ponto máximo nas plantas controle, decorre do efeito inibitório de altas doses de P na colonização e até mesmo de um desbalanceamento nutricional.

No entanto, em condições sub-ótimas de fertilidade (ausência de N) observou-se um certo aumento da produção de MS, em função das doses de P, possivelmente porque o braquiário é tido como uma espécie de baixa dependência micorrízica, por isso não respondeu expressivamente ao tratamento de inoculação. Concordando com esta afirmação, pode-se citar Chagas (1990) e Reis (1988).

Grande parte das pesquisas realizadas testando a eficiência dos FMA's em solos com altos níveis de P mostram a existência de uma menor colonização de raízes e pouco ou nenhum benefício aos hospedeiros (Mosse, 1973; Menge et al., 1978), tendo sido relatados, inclusive, casos com depressão de crescimento de plantas micorrizadas (Cooper, 1975; Buwalda e Goh, 1982; Siqueira e Colozzi-Filho, 1986).

Por outro lado, níveis muito baixos de P podem dificultar o estabelecimento da associação (Reinheimer, 1991; Siqueira e Colozzi-Filho, 1986). É por este motivo que o caráter da associação mutualística, neutralística

ou parasítica depende, basicamente, da disponibilidade de P no solo, embora a característica genética da planta e do FMA possa interferir.

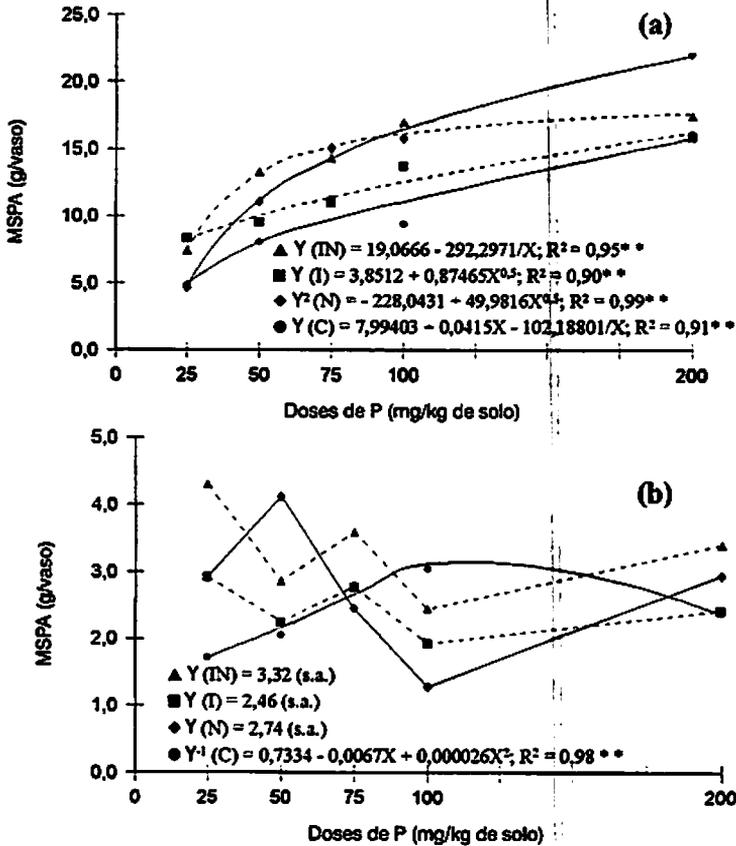


FIGURA 1. Produção de MSPA do braquiário (a) e do amendoim forrageiro (b), no primeiro corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); sem ajuste (s.a.).

No amendoim forrageiro, a MSPA não apresentou uma tendência definida de comportamento em função das doses de P, com exceção das plantas

controle. Estas atingiram um máximo de produção de MS de 3,4 g/vaso na dose de 130,3 mg de P/kg de solo, havendo, em seguida, uma queda na produção.

A produção de MSPA das espécies estudadas, no segundo corte, foi bastante prejudicada em suas respostas aos tratamentos, pois este foi realizado a apenas 45 dias após o primeiro, após um período em que as condições climáticas não foram favoráveis ao crescimento das plantas, como baixa intensidade luminosa e baixa temperatura. Assim, o crescimento das plantas foi muito lento, proporcionando uma baixa produção de MS, verificando-se que o fator decisivo para o aumento da produção de MSPA das plantas foi a aplicação de N.

No segundo corte, o efeito da inoculação nas plantas de braquiário promoveu um aumento de 12,7% na produção de MS (Tabela 3), enquanto a aplicação de N em cobertura, proporcionou uma produção de MS de 11,75 g/vaso (com N) que é 4,45 vezes a produção de 2,64 g/vaso (sem N), Figura 2.

TABELA 3. Produção de MSPA do braquiário, no segundo corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum*.

Inoculação	MSPA (g/vaso)
Inoculado	7,62 a
Não Inoculado	6,76 b

* Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste F ($P < 0,01$).

Vários estudos conduzidos mostram que a adubação nitrogenada influencia positivamente a produção e qualidade da MS de qualquer espécie forrageira avaliada (Malavolta et al., 1974; Gomide e Costa, 1984; Alvim et al., 1987; Carvalho e Saraiva, 1987; Martin, 1997; Paciulli, 1997; Menegatti, 1999).

A resposta do braquiário à adição de P ao solo foi quadrática, na presença de N, no segundo corte, em relação a MSPA. Por outro lado, não houve ajuste na ausência de N. Verificou-se que a produção máxima das plantas adubadas com N foi de 13,49 g/vaso com uma dose de 129,14 mg de P/kg de

solo. As plantas crescidas na ausência de N tiveram um comportamento contrário; nas menores doses de P não houve uma tendência de comportamento definido, mas ocorreu um incremento nas maiores doses de P (Figura 2).

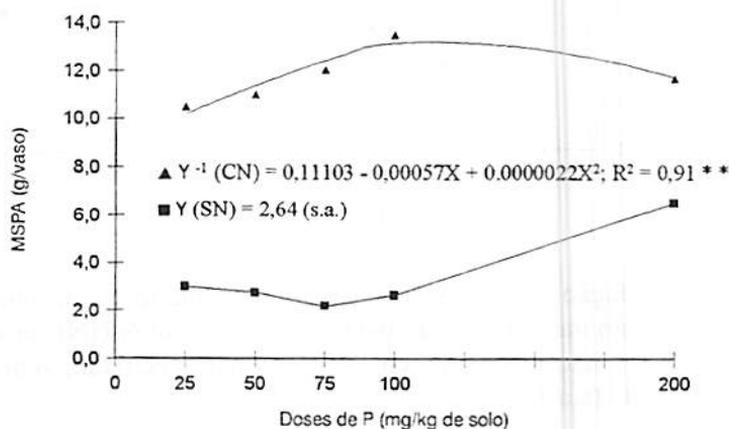


FIGURA 2. Produção de MSPA do braquiarião, no segundo corte, em função das doses de P, para aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura; sem ajuste (s.a.).

Assim como aconteceu com o braquiarião no segundo corte, o amendoim forrageiro também apresentou uma queda na produção de MS quando cultivado na presença de N e ausência de inoculação. Observou-se (Figura 3) que as plantas controle atingiram uma produção média de 0,23 g/vaso. Por outro lado, as plantas inoculadas mostraram-se com produções, menores do que as não inoculadas, nas doses de 100 a 200 mg/kg de solo. A inoculação com FMA *Glomus etunicatum* permitiu um aumento da produção até mesmo nas doses elevadas de P, embora as plantas que foram inoculadas e receberam N apresentaram uma queda de produção nas maiores doses de P.

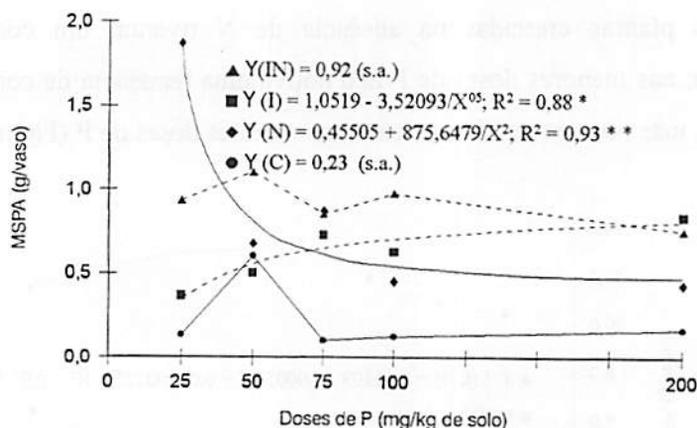


FIGURA 3. Produção de MSPA do amendoim forrageiro, no segundo corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); sem ajuste (s.a.).

No terceiro corte, para as duas espécies estudadas, houve uma maior produção de MSPA, provavelmente em decorrência do maior intervalo de corte adotado (160 dias após o 2º corte).

Verificou-se que neste corte o fator marcante para o aumento da produção de MS foi a aplicação de N, no caso do braquiarião, e a inoculação, para o amendoim forrageiro (Figuras 4, 5 e Tabela 4). As plantas de braquiarião que mais produziram foram aquelas que receberam a aplicação de N em cobertura, tanto na ausência (NI) como na presença (I) da inoculação com o FMA *Glomus etunicatum*. No entanto, as plantas não micorrizadas foram superiores, em produção, às micorrizadas. Até mesmo em condições de ausência de N as não micorrizadas (C) foram mais produtivas (35,4%) (Figura 4).

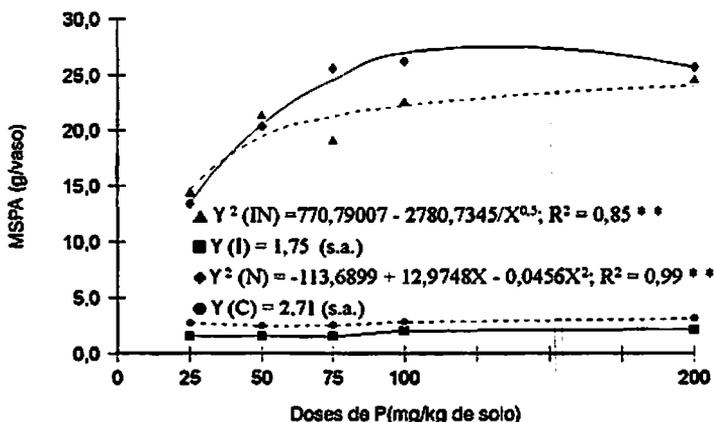


FIGURA 4. Produção de MSPA do braquiarião, no terceiro corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); sem ajuste (s.a.).

Resultados semelhantes foram encontrados por Chagas (1990) quando avaliou a influência do FMA *Glomus macrocarpum* sobre a nutrição fosfatada de quatro gramíneas forrageiras. Segundo o autor, as plantas não micorrizadas de *B. brizantha* mostraram tendência de maior produção de MS em relação às micorrizadas, apresentando, portanto, baixa dependência micorrizica.

No amendoim forrageiro o fator preponderante no aumento da produção de MS foi a inoculação com o FMA *Glomus etunicatum* (Figura 5 e Tabela 4), sendo este efeito mais acentuado nas plantas cultivadas na ausência de N, que produziram 4,8 vezes mais quando inoculadas, em relação às crescidas na presença de N. Por outro lado, as plantas não micorrizadas apresentaram uma redução média da produção de MS em torno de 53,0% quando na ausência de N (Tabela 4). Ao comparar-se as plantas micorrizadas com as não micorrizadas, observou-se que a inoculação foi mais efetiva na ausência de N, a qual favoreceu um aumento de 9,5 vezes na produção de MSPA.

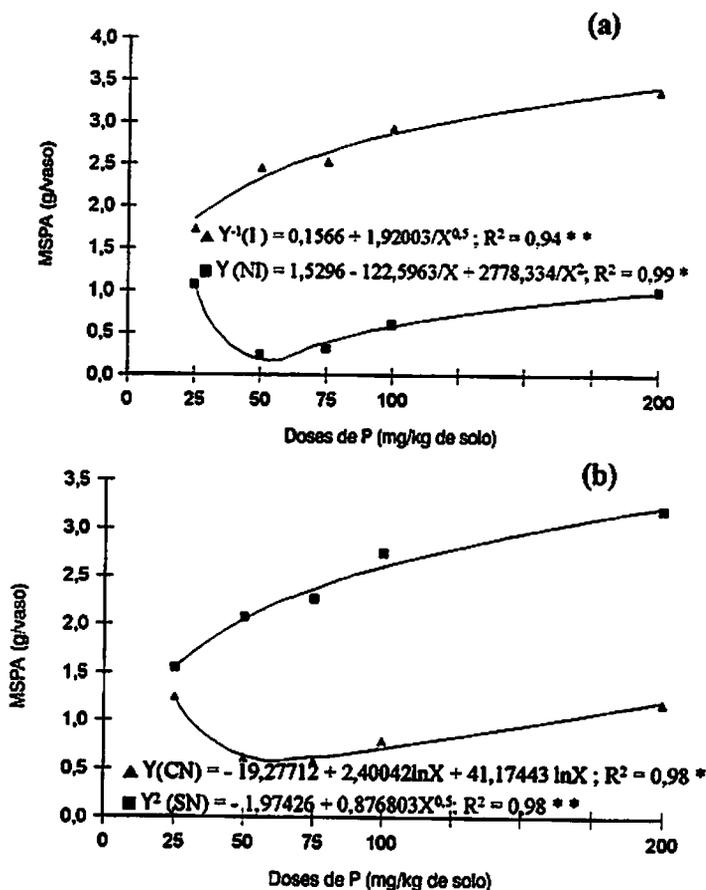


FIGURA 5. Produção de MSPA do amendoim forrageiro, no terceiro corte, em função das doses de P, para inoculado (I), não inoculado (NI) (a); com aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b).

TABELA 4. Produção de MSPA do amendoim forrageiro, no terceiro corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	MSPA (g/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	0,90 aB	4,30 aA
Não Inoculado	0,87 aA	0,41 bA

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Segundo Haynes (1980), essa resposta positiva à micorrização pela leguminosa se deu em decorrência desta ser, em geral, mais micotrófica que a gramínea. As micorrizas poderão contrabalançar a menor capacidade competitiva das leguminosas, que possuem um sistema radicular menos desenvolvido, absorvendo nutrientes de baixa mobilidade, especialmente o P (Bressan, 1996).

Independentemente de estarem ou não inoculadas, as gramíneas, por terem sistema radicular do tipo fasciculado, são capazes de suportar a colonização, podendo ser ou não dependentes do fungo simbionte (Chagas, 1990).

Quanto à produção total de MSPA das espécies estudadas, verificou-se que ambas foram influenciadas pelo fator N e sua interação com o P. Além destes, a produção de MS total do braquiário, particularmente, foi afetada pelas doses de P. O amendoim, por sua vez, foi influenciado significativamente pela inoculação com o FMA *Glomus etunicatum*, principalmente quando associado com as doses de P e com a aplicação de N em cobertura (Tabela 5).

Para o percentual de participação de cada espécie no consórcio, observou-se efeito significativo das doses de P, da inoculação, de N e da interação entre a inoculação e o N para ambas as espécies.

A produção total de MSPA (MSTPA) do braquiário aumentou com as doses de P, principalmente quando se aplicou o N em cobertura, sendo o comportamento descrito por uma equação quadrática, que após um crescimento acentuado das plantas com o incremento das doses de P, a produção atingiu um máximo de 59,82 g/vaso com uma dose de 153,9 mg de P/kg de solo. A ausência de N promoveu uma redução proeminente da produção total de MSPA em relação às plantas crescidas na presença de N, embora houvesse um aumento gradativo da MS (Figura 6 a) em função das doses de P. Este resultado

corroborar a afirmação de Monteiro (1996) que relata a influência marcante de N na produtividade das gramíneas forrageiras em condições normais de suprimento dos demais nutrientes.

TABELA 5. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para MS total (MST), percentual de participação de MS (PPA) do braquiário (B) e do amendoim forrageiro (AF), sob a influência de P, inoculação e N.

Fonte de Variação	MS T		PPA	
	B	AF	B	AF
P	927,92**	0,66 ^{ns}	159,79*	159,41*
I	3,31 ^{ns}	211,15**	1851,13**	1881,89**
N	17178,30**	9,42*	3029,74**	3018,30**
PxI	26,75 ^{ns}	6,91*	44,53 ^{ns}	43,75 ^{ns}
PxN	260,00**	9,59**	28,22 ^{ns}	28,59 ^{ns}
IxN	30,79 ^{ns}	39,92**	1262,30**	1254,29**
PxIxN	10,73 ^{ns}	3,51 ^{ns}	77,82 ^{ns}	78,14 ^{ns}
Resíduo	16,04	2,31	42,73	42,71
CV (%)	13,11	32,76	7,79	40,49
Média Geral	31,43	5,01	83,84	16,14

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns (não significativo).

Para Olsen (1972), a manutenção e o aumento da produção das gramíneas podem ser alcançados através de aplicações de adequadas quantidades de adubo nitrogenado juntamente com as quantidades de P e K exigidas pelas plantas.

Ao contrário do que aconteceu com a gramínea, para o amendoim forrageiro o fator inoculação foi determinante no aumento da produção total de MSPA, pois favoreceu maiores produções que o N (Figura 7). Este, porém, provocou uma redução acentuada até um mínimo de 2,91 g/vaso com uma dose de 135,1 mg de P/kg de solo, com um aumento posterior nas doses de P mais elevadas (Figuras 6 b e 7).

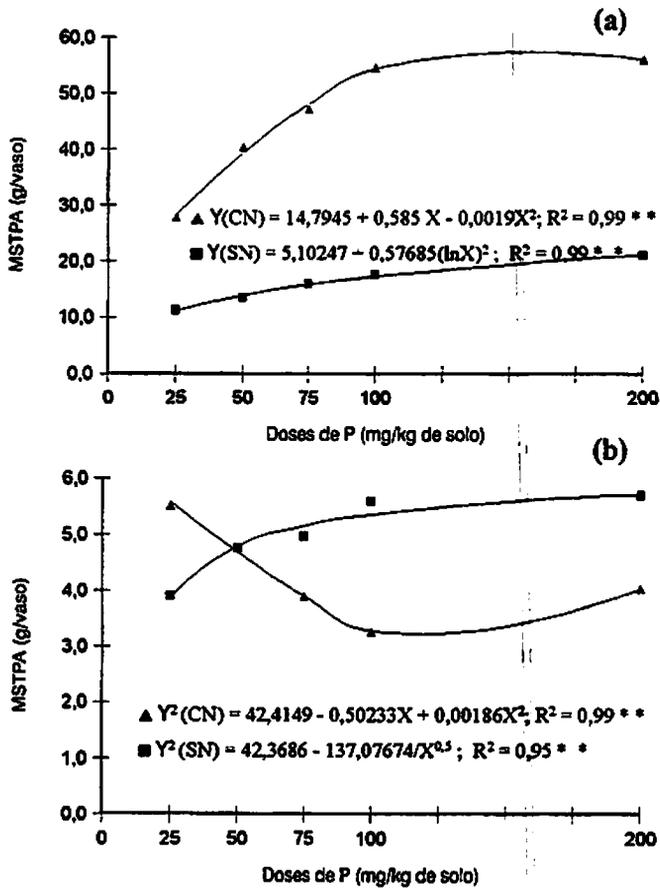


FIGURA 6. Produção total de MSPA do braquiarião (a) e do amendoim forrageiro (b) em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura.

O efeito do N sobre o fungo micorrízico está relacionado com a disponibilidade de P. Os estudos sobre os efeitos da interação NxP na colonização têm mostrado que em alta disponibilidade de P e baixo teor de N há um aumento da colonização, enquanto em alta disponibilidade de P e alto teor de N ocorre uma redução da colonização (Buwalda e Goh, 1982).

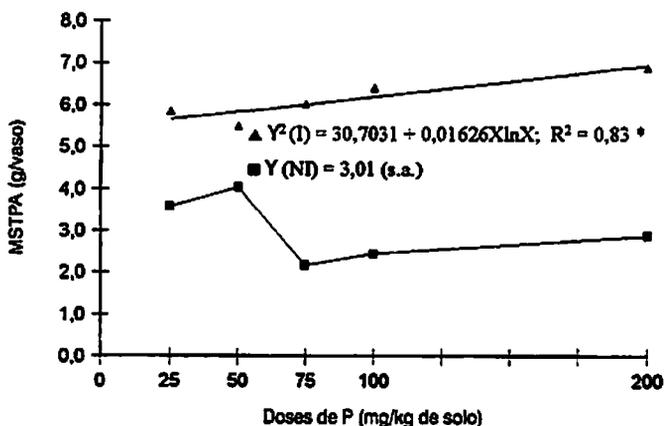


FIGURA 7. Produção total de MSPA do amendoim forrageiro em função das doses de P, para inoculado (I) e não inoculado (NI); sem ajuste (s.a.).

Na Tabela 6, verifica-se que as plantas de amendoim forrageiro inoculadas foram superiores, em produção de MS, tanto na ausência como na presença de N, representando um aumento de 2,7 e 1,5 vezes mais, respectivamente, em relação às não inoculadas. A aplicação de N proporcionou uma queda de 28,0% da produção para as plantas micorrizadas e um aumento de 21,6% para as não micorrizadas. Assim, percebe-se um efeito inibitório do N na micorrização. Segundo Paul e Clark (1996), na maioria das plantas, concentrações elevadas de P e N inibem a colonização micorrízica.

TABELA 6. Produção total de MSPA (MSTPA) do amendoim forrageiro em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	MSTPA (g/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	5,21 aB	7,26 aA
Não Inoculado	3,38 bA	2,65 bA

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,01$) pelo teste de Tukey.

Uma alta concentração de N no solo poderá afetar de maneira repressiva a atividade dos fungos micorrízicos, limitando a extensão das hifas no solo e a infecção das raízes, comprometendo sua possível atividade como uma interface na transferência de N entre a leguminosa e a gramínea (Bressan, 1996).

Ao se analisar a participação de cada espécie no consórcio, observou-se que enquanto a gramínea aumentou sua produção, ou seja, sua participação no consórcio, a leguminosa foi sendo suprimida com a elevação das doses de P (Figura 8). A gramínea mostrou-se mais agressiva e, portanto, mais competitiva pelos nutrientes, além da luz e água, principalmente quando se aplicou a adubação nitrogenada (Follet e Wilkinson, 1995) (Tabela 7). Ainda segundo estes autores, as gramíneas com seus sistemas radiculares fasciculados são mais efetivas do que a maioria das leguminosas na retirada de nutrientes e água do solo.

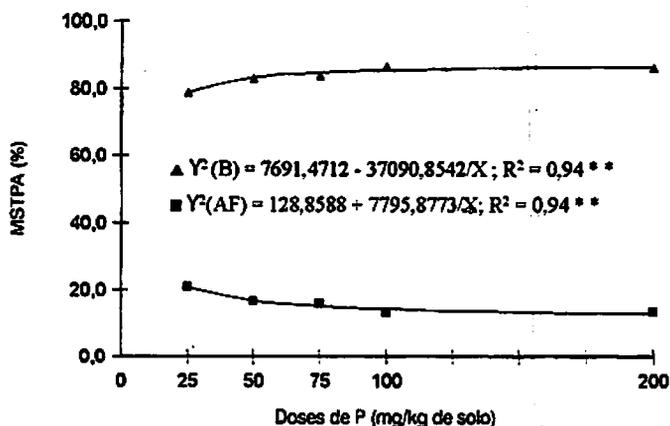


FIGURA 8. Percentagem da produção total da MSPA (MSTPA) do consórcio do braquiário (B) e do amendoim forrageiro (AF), em função das doses de P.

O tratamento de inoculação não favoreceu a participação da gramínea no consórcio. Por outro lado, para a leguminosa o efeito deste fator foi significativo

na ausência de N (Tabela 7). No braquiarião, a aplicação de N favoreceu significativamente a sua participação no consórcio, enquanto para o amendoim forrageiro, ocorreu o inverso.

Segundo Davis e Evans (1990), o crescimento da gramínea é aumentado pela fertilização e, como consequência, a quantidade de leguminosa na pastagem é freqüentemente reduzida. Essa redução, para Frame e Newbould (1986) e Follet e Wilkinson (1995) decorre principalmente, do aumento da competição por luz, água e/ou nutrientes. Assim, de acordo com Harris (1990), a leguminosa cresce bem unicamente quando o fornecimento de N é insuficiente para um máximo crescimento das gramíneas. No entanto, o uso de pastagens consorciadas com emprego de algum fertilizante nitrogenado tem sido recomendado por alguns autores, dentre eles Whitehead (1995) citado por Lesama e Moojen (1999).

TABELA 7. Percentagem de participação (PP) de braquiarião e amendoim forrageiro na produção total de MSPA, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	PP (%)	
	Com N	Sem N
Braquiarião		
Inoculado	89,11 aA	68,86 bB
Não Inoculado	90,89 aA	86,52 aB
Amendoim Forrageiro		
Inoculado	10,89 aB	31,09 aA
Não Inoculado	9,11 aB	13,47 bA

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,01$) pelo teste de Tukey.

Através do rendimento total das espécies estudadas, verificou-se que as plantas de braquiarião cultivadas na presença de N foram prejudicadas pela

micorrização, enquanto as do amendoim forrageiro tiveram sua dependência micorrízica reduzida em 44,68%. Na ausência de N, a leguminosa mostrou-se mais dependente dos benefícios da micorrização para o seu desenvolvimento. Por outro lado, o braquiarião foi considerado uma espécie que não depende da micorrização (Tabela 8). Resultados semelhantes foram encontrados por Chagas (1990) e Reis (1988).

O sucesso do estabelecimento e manutenção das leguminosas forrageiras nas pastagens pode ser diretamente dependente da micorrização, como ocorreu com *Stylosanthes*, planta altamente micotrófica (Mosse, 1977). Trabalhos também têm demonstrado resposta à micorrização das leguminosas forrageiras *Centrosema*, *Desmodium intortum* e *Leucaena leucocephala* (Crush, 1974; Cabala-Rosand e Wil, 1982; Huang et al., 1985 citados por Paulino et al., 1986).

TABELA 8. Dependência micorrízica (DM) do braquiarião e do amendoim forrageiro, em função da aplicação de N em cobertura.

Nitrogênio	DM (%) *	
	Braquiarião	Amendoim Forrageiro
Com N	- 3,72	35,12
Sem N	5,15	63,49

* $DM = (PSM - PSnM) / PSM \times 100$

PSM = peso seco total das plantas micorrizadas

PSnM = peso seco total das plantas não micorrizadas

Considerando os resultados encontrados, percebe-se a importância do amendoim forrageiro para a qualidade da forragem do consórcio avaliado, uma vez que a mesma, por ser dependente da micorrização, poderá valer-se dos benefícios decorrentes de tal associação para todo o sistema. Isto poderá promover uma melhoria no valor nutritivo da forragem disponível.

4.2. Matéria Seca do Sistema Radicular

A produção de MS das raízes do braquiário foi influenciada significativamente pelas doses de P, N e pelas interações P x I, P x N e P x I x N, porém não foi afetada pela inoculação. Para o amendoim forrageiro, no entanto, observou-se efeito significativo da inoculação e de sua interação com o N (Tabela 9).

TABELA 9. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para MS das raízes do braquiário e do amendoim forrageiro, sob a influência de P, inoculação e N.

Fonte de Variação	MSR	
	Braquiário	Amendoim Forrageiro
P	301,43**	0,56 ^{ns}
I	31,09 ^{ns}	48,67**
N	11451,06***	0,58 ^{ns}
P x I	55,16**	0,45 ^{ns}
P x N	106,09**	0,49 ^{ns}
I x N	47,86 ^{ns}	12,64**
P x I x N	82,25**	0,58 ^{ns}
Resíduo	13,34	039
CV (%)	17,75	32,28
Média Geral	20,42	1,95

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns (não significativo).

Na Figura 9 verifica-se que houve um aumento na produção de MS das raízes do braquiário com as doses de P, principalmente quando foi aplicado o N em cobertura. As plantas não micorrizadas, mas na presença de N, apresentaram um decréscimo de produção nas doses mais elevadas de P, após alcançarem um rendimento máximo de 37,12 g/vaso com uma dose de 122,8 mg de P/kg de solo. Esta queda pode ter ocorrido pelo fato do N tornar-se um fator limitante.

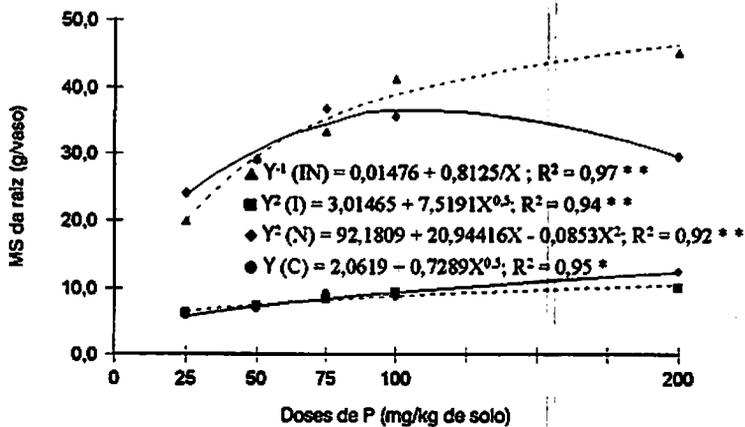


FIGURA 9. Produção de MS da raiz do braquiarião, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C).

Segundo Faquin (1988), parece que a absorção de N do solo pelas hifas dos FMA's não é suficiente para atender as exigências das plantas. Analisando o comportamento das plantas controle de braquiarião, pode-se inferir que a adubação fosfatada *per se* já permite um certo aumento na produção de MS da raiz pois o P é considerado, conforme Lobato, Kornelius e Sanzonowicz (1986), Werner (1986) e Guss, Gomide e Novais (1990), um nutriente estimulador do desenvolvimento radicular.

No amendoim forrageiro, a produção de MS das raízes foi maior para as plantas inoculadas, quer na presença (1,5 vezes) ou na ausência (4,5 vezes) de N, em relação às plantas não inoculadas. As plantas micorrizadas e sem aplicação de N produziram 26,1% a mais que aquelas adubadas com N. Entretanto, para as plantas não micorrizadas, o efeito foi inverso, ou seja, aquelas adubadas com N produziram 2,4 vezes mais que as cultivadas na ausência de N (Tabela 10).

TABELA 10. Produção de MS das raízes (MSR) do amendoim forrageiro, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	MSR (g/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	2,41 aB	3,04 aA
Não Inoculado	1,65 bA	0,68 bB

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,01$) pelo teste de Tukey.

Portanto, através dos dados da Tabela 10 verifica-se que os fatores inoculação e nitrogênio são importantes no aumento da produção de MS das raízes do amendoim forrageiro. Esta constatação ratifica a teoria de Clark (1997) de que os efeitos da inoculação com FMA's são mais marcantes em condições sub-ótimas de fertilidade e estresse mineral.

4.3. Teores de Fibra em Detergente Neutro (FDN) na MSPA

Os teores de FDN na MSPA do braquiário foram influenciados, no primeiro corte, por todos os fatores e suas interações; no segundo, apenas pela inoculação e aplicação de N e no terceiro corte, pela inoculação, N e as interações P x I, P x N e I x N. Para o amendoim forrageiro, os teores de FDN foram afetados no primeiro corte também por todos os fatores e suas interações; no segundo corte, apenas quando houve a interação dos três fatores (P x I x N) e no terceiro corte, pelas doses de P aplicadas, pela inoculação e pelas interações P x I, P x N e P x I x N (Tabela 11).

TABELA 11. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para FDN na MSPA do braquiarião e do amendoim forrageiro nos três cortes sucessivos, sob a influência de P, inoculação e N.

Fonte de Variação	FDN					
	Braquiarião			Amendoim Forrageiro		
	1° Corte	2° Corte	3° Corte	1° Corte	2° Corte	3° Corte
P	270,24**	42,03 ^{ns}	5,83 ^{ns}	139,22**	8,64 ^{ns}	402,48**
I	390,06**	148,74*	138,40**	5319,92*	40,14 ^{ns}	707,60**
N	1927,42**	126,46*	76,09**	170,58*	19,89 ^{ns}	0,60 ^{ns}
PxI	43,69**	49,68 ^{ns}	28,58**	318,99**	19,13 ^{ns}	704,17**
PxN	65,78**	8,13 ^{ns}	11,10*	87,74*	20,31 ^{ns}	1159,87**
IxN	2318,57**	10,05 ^{ns}	49,90**	315,56**	1,35 ^{ns}	13,72 ^{ns}
PxIxN	121,39**	13,80 ^{ns}	7,84 ^{ns}	242,61**	40,36*	937,61**
Resíduo	10,19	26,78	3,99	31,26	13,92	9,17
CV (%)	5,13	7,55	2,83	10,79	8,43	7,90
Média Geral	62,18	68,55	70,64	51,81	44,24	38,35

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns (não significativo).

De um modo geral, os teores de FDN na MSPA do braquiarião foram aumentados com as doses de P. Provavelmente isto correu pela característica deste nutriente de promover a precocidade de produção (Morikawa, 1993), acelerando, conseqüentemente, o processo de maturação fisiológica da planta, proporcionando, desta forma, o aumento nos teores de fibra (Van Soest, 1994).

A inoculação e a aplicação de N promoveram uma redução nos teores de FDN na MSPA das plantas de braquiarião em comparação com aquelas não micorrizadas. No entanto, estas plantas apresentaram uma tendência de aumento nos teores de FDN, em função das doses de P. Este efeito positivo do P pode ser resultante direto ou indireto da micorrização. O fungo pode, através de suas hifas, transferir direta ou indiretamente os nutrientes para a planta hospedeira,

influenciando microrganismos fixadores de N_2 (Robson, O'Hara e Abbott, 1981; Marschner e Dell, 1994 e Bressan, 1996) (Figura 10 a).

Comportamento semelhante ao que ocorreu com o braquiário foi observado para o amendoim forrageiro (Figura 10b), embora o efeito para os tratamentos de inoculação com aplicação ou não de N tenham refletido de forma menos acentuada, até decrescente, possivelmente como consequência de sua menor capacidade de absorver os nutrientes disponíveis no solo, aliada à grande competitividade da gramínea quando fertilizada com N, segundo afirmam Follet e Wilkinson (1995).

Na ausência de N, a leguminosa apresentou, proporcionalmente, teores de FDN menores que a gramínea na mesma situação. Isto ocorreu pela capacidade das leguminosas fixarem N_2 . Como a aquisição de N pelas plantas também pode ser influenciada pelos fungos micorrízicos, houve um efeito direto na aquisição do N tanto na forma orgânica como inorgânica ou por um efeito indireto, influenciando microrganismos fixadores de N_2 .

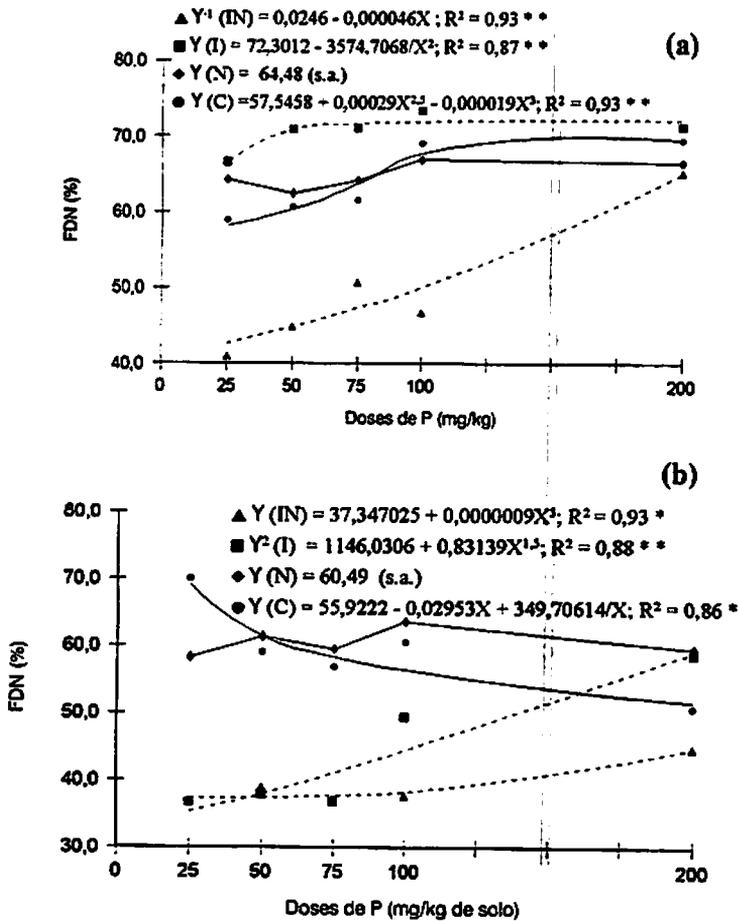


FIGURA 10. Teor de FDN na MSPA do braquiarião (a) e do amendoim forrageiro (b), no primeiro corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); s.a.= sem ajuste.

Quando as plantas não foram inoculadas e cultivadas na ausência de N (plantas controle), o comportamento das espécies estudadas foram contrários entre si nas doses mais baixas de P; enquanto os teores de FDN da gramínea

tenderam a aumentar e os da leguminosa diminuíram acentuadamente (Figura 10 b).

No segundo corte, os teores de FDN da gramínea foram semelhantes tanto entre as plantas inoculadas e com N como nas não inoculadas e sem N. A aplicação de N, ao contrário do que se esperava, acarretou um aumento significativo (Tabela 12). Este aumento no teor de fibra é indesejável porque a forragem torna-se menos digestível e, portanto, de menor valor nutritivo para a alimentação dos animais (Van Soest, 1994; Nussio, Manzano e Pedreira, 1998)

TABELA 12. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) na MSPA do braquiarião, no segundo corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N.

Tratamentos	FDN (%)
Inoculado	69,91 a
Não Inoculado	67,18 b
Com N	69,80 a
Sem N	67,29 b

* Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Para o amendoim forrageiro, no segundo corte, a maioria dos tratamentos aplicados promoveu resultados semelhantes, ou seja, teores maiores de FDN nas doses inferiores de P com posteriores decréscimos nas doses mais elevadas. No entanto, aquelas plantas inoculadas e na presença de N foram as que apresentaram teores de FDN menores nas doses mais baixas de P (Figura 11). Isto pode ter ocorrido pela maior eficiência dos FMA's em promoverem a absorção de nutrientes, dentre eles o N.

No terceiro corte, as plantas de braquiarião apresentaram maiores teores de FDN porque foram cortadas após um intervalo de 160 dias. Também, a adubação nitrogenada em cobertura resultou em maiores valores de FDN

(Tabela 13). Palhano e Haddad (1992) também encontraram teores de FDN elevados quando cortaram o capim-coastcross (*Cynodon dactylon* x *C. nlemfuensis*) com idade avançada.

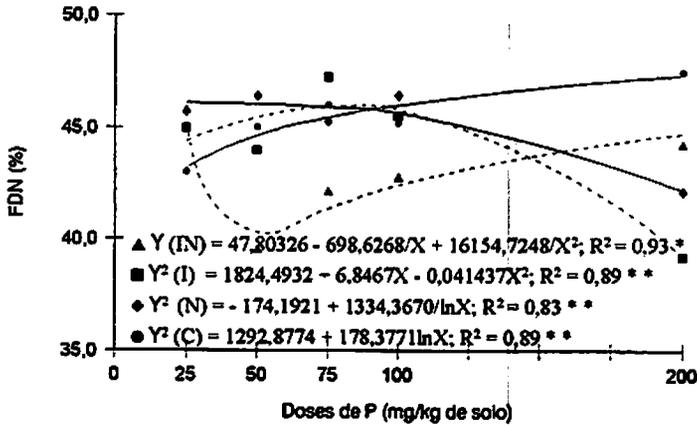


FIGURA 11. Teor de FDN na MSPA do amendoim forrageiro, no segundo corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C).

Este aumento no teor de FDN com o avanço da idade, segundo Van Soest (1994), está relacionado com o aumento no conteúdo de lignina que se associa à celulose e hemicelulose da parede celular, restringindo o ataque de enzimas digestivas e, conseqüentemente, diminuindo a digestibilidade da fibra.

Ao observar a Figuras 12 e Tabela 13, verificam-se respostas semelhantes das interações para os teores de FDN do braquiarião, ou seja, tanto na presença ou não da inoculação, com a aplicação de N, os teores de FDN foram levemente maiores que na ausência de ambos.

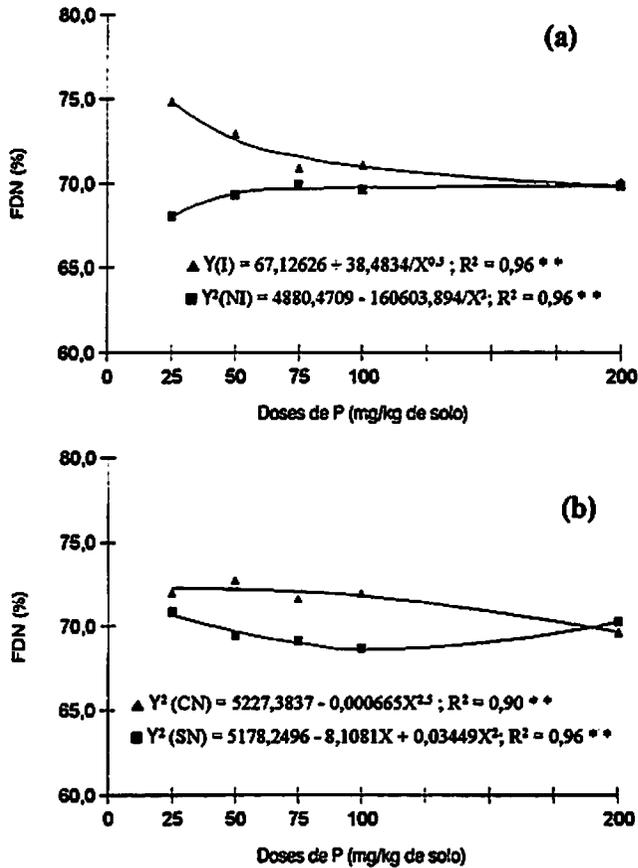


FIGURA 12. Teor de fibra em detergente neutro (FDN) na MSPA do braquiarião, no segundo corte, em função das doses de P, para inoculado (I) e não inoculado (NI) (a); com aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b).

Ao contrário do que ocorreu com o braquiarião, os teores de FDN do amendoim forrageiro foram bem menores neste terceiro corte, apesar da idade avançada dessas plantas (160 dias) (Figura 13). De maneira geral, os teores de fibra das leguminosas são menores do que os das gramíneas. Provavelmente isto decorre, entre outros fatores, da capacidade das leguminosas fixarem biologicamente N_2 o que pode promover a redução dos teores de fibra.

TABELA 13. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) na MSPA do braquiarião, no terceiro corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	FDN (%)	
	Com N	Sem N
Inoculado	72,14 aA	71,77 aA
Não Inoculado	71,09 aA	67,56 bB

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Na Figura 13, observa-se que as plantas de amendoim forrageiro micorrizadas e adubadas com N foram as que apresentaram os menores teores de FDN, principalmente nas doses mais baixas de P. Houve um ligeiro aumento nas maiores doses de P porque este é responsável por estimular a maturidade das plantas mais precocemente.

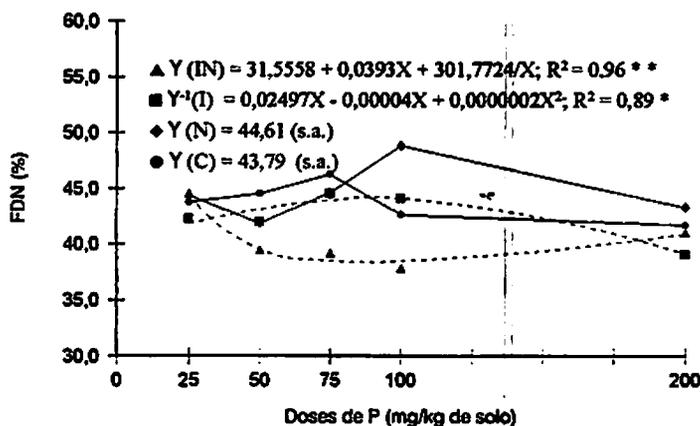


FIGURA 13. Teor de fibra em detergente neutro (FDN) na MSPA do amendoim forrageiro, no terceiro corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); s.a. = sem ajuste.

A infecção micorrízica e a adição de P geralmente exercem influências qualitativamente similares. No entanto, o efeito da infecção micorrízica é

reduzido sob elevadas disponibilidades de P. Ambos podem antecipar a maturidade reprodutiva.

Lu e Koide (1994), estudando os efeitos da micorrização nos componentes do crescimento e reprodução das plantas de *Abutilon theoprasiti* Medic, verificaram que a infecção micorrizica exerceu maior influência no acúmulo de MS, enquanto o P, na reprodução, antecipando-a. Este fato proporciona um amadurecimento mais precoce, com conseqüente aumento no teor de fibra.

4.4. Teores de Fibra em Detergente Ácido (FDA) na MSPA

Os teores de FDA do braquiarião foram influenciados significativamente, no primeiro corte pelas doses de P, inoculação e N e pelas interações P x I, P x N e I x N; no segundo corte, apenas pelo N e sua interação com as doses de P e no terceiro corte, por P, N e pelas interações I x N e P x I x N. Para o amendoim forrageiro, no primeiro corte, os teores de FDA na MSPA foram afetados pelo N em cobertura e pelas interações P x I e P x N, enquanto, no segundo e terceiro cortes, por todos os fatores estudados e suas interações (Tabela 14).

As respostas em teores de FDA na MSPA do braquiarião, em função da inoculação com FMA *Glomus etunicatum* e do N, ambos associados com as doses de P, foram semelhantes. Inicialmente, a gramínea apresentou teores menores, aumentando-se com as doses de P. Verificou-se, entretanto, que as plantas inoculadas apresentaram menores teores do que as que receberam apenas N em cobertura (Figura 15).

TABELA 14. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para FDA na MSPA do braquiário e do amendoim forrageiro, em três cortes sucessivos, sob a influência de P, inoculação e N.

Fonte De Variação	FDA					
	Braquiário			Amendoim Forrageiro		
	1° Corte	2° Corte	3° Corte	1° Corte	2° Corte	3° Corte
P	57,58**	1,97 ^{ns}	108,88*	4,51 ^{ns}	507,31**	436,30**
I	33,00*	0,30 ^{ns}	121,47 ^{ns}	0,49 ^{ns}	4305,35**	4948,34**
N	47,96**	80,86**	476,58**	66,56**	2296,22**	131,84**
PxI	64,83**	0,71 ^{ns}	40,55 ^{ns}	16,53**	15,23**	502,53**
PxN	30,27**	4,49*	73,08 ^{ns}	16,61**	10,71*	885,97**
IxN	73,08**	0,09 ^{ns}	128,32*	15,56 ^{ns}	1065,22**	170,59**
PxIxN	10,43 ^{ns}	1,79 ^{ns}	94,40*	5,36 ^{ns}	495,74**	420,13**
Resíduo	4,72	1,72	31,20	3,98	2,99	3,09
CV (%)	6,36	3,91	15,50	6,48	10,52	7,71
Média Geral	34,13	33,47	36,04	30,77	16,45	22,82

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns (não significativo).

Nos dados da Tabela 15 nota-se que não houve diferença significativa entre as plantas inoculadas, em função da aplicação de N. No entanto, para as plantas não micorrizadas houve um maior teor de FDA quando estas não receberam o N em cobertura. Já quando inoculadas, as plantas apresentaram um menor teor de FDA.

Martim (1997) e Assis et al. (1998), estudando Coastcross e Tifton 85 adubados com N, verificaram uma diminuição nos teores de FDA com o incremento das doses de N; o mesmo não foi observado por Menegatti (1999).

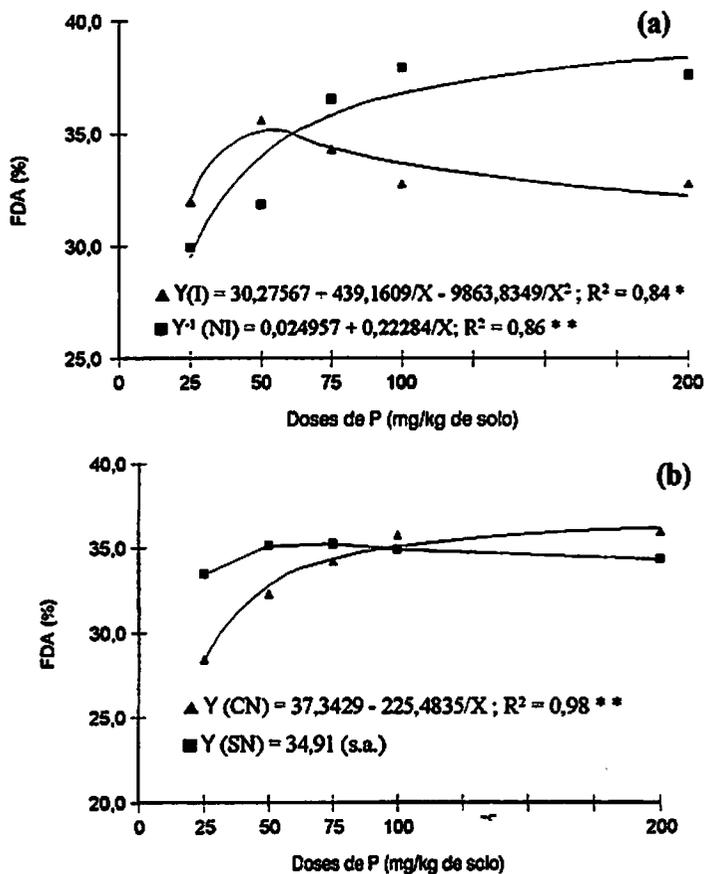


FIGURA 15. Teor de FDA na MSPA do braquiarião, no primeiro corte, em função das doses de P, para inoculado (I), não inoculado (NI) (a); com aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b); s.a.= sem ajuste.

TABELA 15. Teores de fibra em detergente ácido (FDA) na MSPA do braquiarião, no primeiro corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	FDA (%)	
	Com N	Sem N
Inoculado	33,67 aA	33,31 bA
Não Inoculado	33,04 aB	36,50 aA

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Para o amendoim forrageiro, no primeiro corte, observou-se que as plantas que foram inoculadas apresentaram um comportamento contrário ao daquelas não inoculadas, pois nas doses menores de P houve um decréscimo pequeno da FDA, com posterior acréscimo. Esta resposta, quando comparada com a gramínea (Figura 15 a), mostrou-se de forma inversa (Figura 16 a). No entanto, quando se aplicou N em cobertura, as plantas do amendoim forrageiro comportaram-se semelhantemente às do braquiarião, diferindo apenas na resposta das plantas cultivadas na ausência de N e nas doses inferiores de P. Nestas, o teor de FDA da leguminosa apresentou um comportamento decrescente (Figura 16 b).

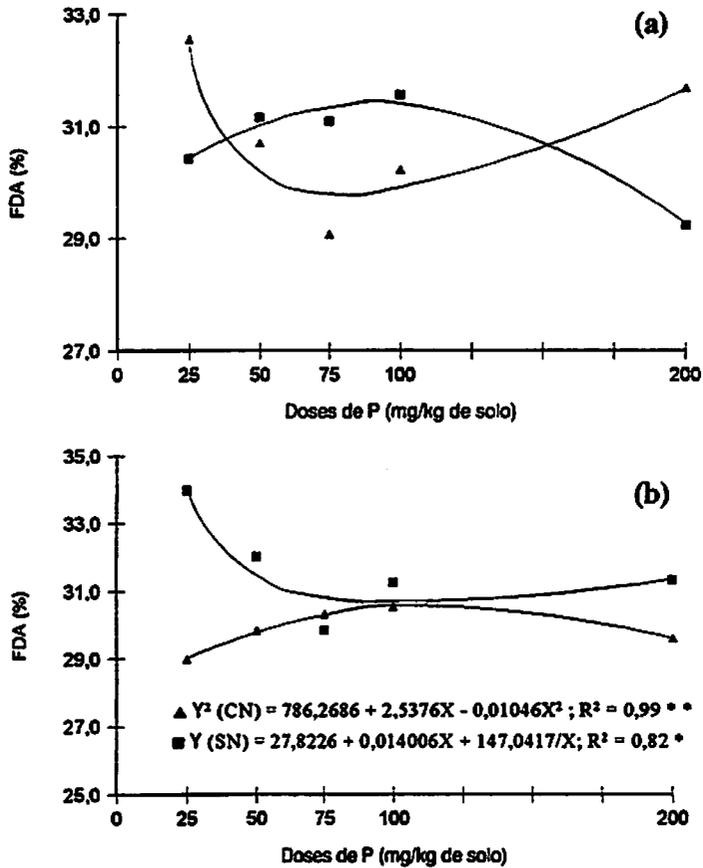


FIGURA 16. Teor de fibra em detergente ácido (FDA) na MSPA do amendoim forrageiro, no primeiro corte, em função das doses de P para inoculado (I), não inoculado (NI) (a); com aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b); s.a.= sem ajuste.

No segundo corte, os teores de FDA na MSPA do braquiarião também aumentaram com as doses de P. Contudo, as plantas que não receberam N apresentaram teores de fibra maiores (Figura 17) e um comportamento crescente, enquanto que àquelas com N uma tendência decrescente. As plantas de amendoim produziram muito pouco, talvez pela condição climática desfavorável, ou seja, baixa luminosidade e temperatura, para o desenvolvimento da. Este fato prejudicou a realização das análises químicas. As

plantas controle, por exemplo, nada produziram, e as demais também não produziram na dose de 100 mg de P/kg de solo. Pelos valores médio encontrados, verificou-se que as plantas que receberam apenas N em cobertura foram as que proporcionaram menores teores de FDA na MSPA do amendoim forrageiro (Figura 18).

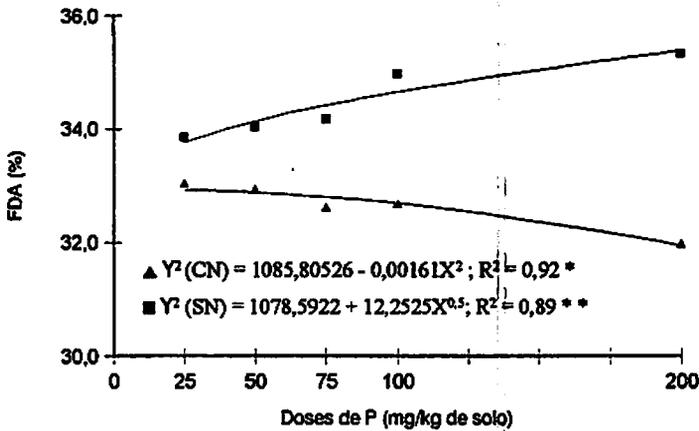


FIGURA 17. Teor de fibra em detergente ácido (FDA) na MSPA do braquiário, no segundo corte, em função das doses de P, para aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura.

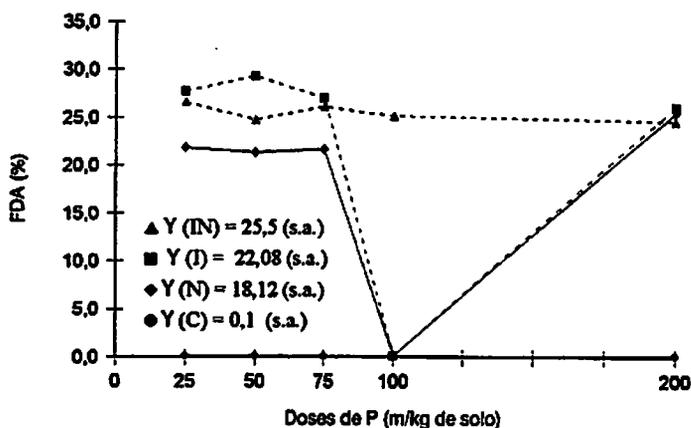


FIGURA 18. Teor de FDA na MSPA do amendoim forrageiro, no segundo corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); s.a.= sem ajuste.

No terceiro corte, as plantas de braquiarião apresentaram praticamente os mesmos teores de FDA do segundo corte, apesar deste corte ter sido realizado após um maior intervalo de tempo (160 dias). O mesmo comportamento foi observado para o amendoim forrageiro (Figura 19).

Os teores de FDA na MSPA do braquiarião apresentaram pouca diferença entre os tratamentos aplicados; com todos eles apresentando uma tendência de aumento em função das doses de P. As plantas que apresentaram menores teores de FDA foram aquelas inoculadas (Figura 19 a). Para o amendoim forrageiro, as plantas inoculadas apresentaram comportamento semelhante, sendo que as plantas micorrizadas e com N apresentaram os menores teores de FDA, de modo contrário ao da gramínea. As plantas não micorrizadas, por sua vez, não produziram na maioria das doses de P, impossibilitando ajustes de equações (Figura 19b). E, em razão da carência de trabalhos que relacionam a adubação fosfatada com teores de fibras, não foi possível fazer comparações entre os resultados.

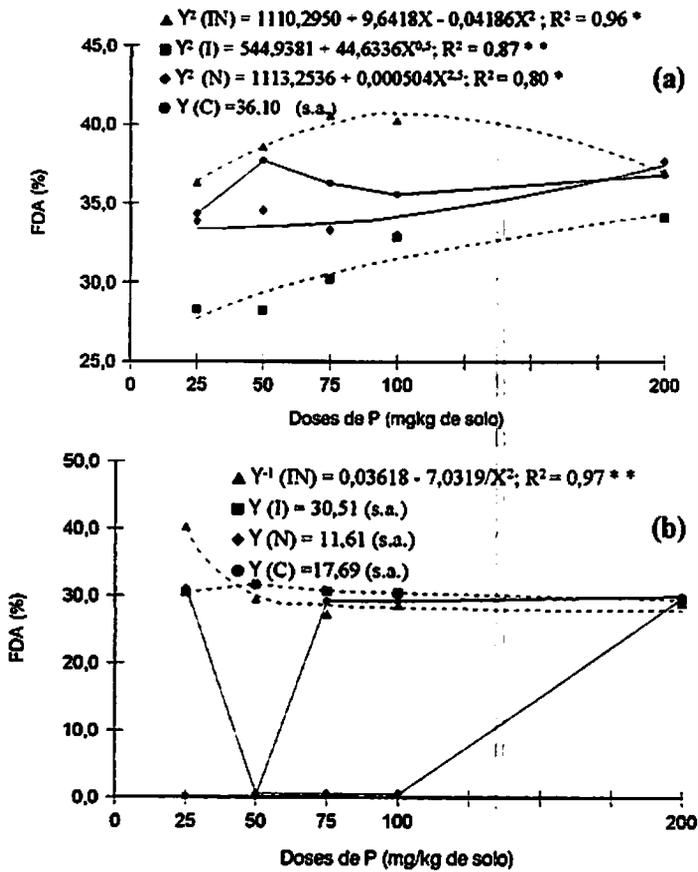


FIGURA 19. Teor de FDA na MSPA do braquiarião (a) e do amendoim forrageiro (b), no terceiro corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); s.a.=sem ajuste.

4.5. Composição Mineral

4.5.1. Nitrogênio

O conteúdo de N na MSPA do braquiário foi influenciado significativamente, no primeiro corte, pelas doses de P, aplicação de N e pelas interações P x I e P x N; no segundo corte, pela inoculação, aplicação de N e pelas interações P x I, P x N e I x N; no terceiro corte, pela inoculação, aplicação de N e pelas interações P x I e P x I x N. Os fatores que afetaram o acúmulo de N na MSPA no amendoim forrageiro, no primeiro corte, foram as doses de P, aplicação de N e as interações P x I, P x N e P x I x N; no segundo e terceiro cortes não houve influência apenas da interação tripla (P x I x N) (Tabela 16). Vale ressaltar que o conteúdo de N na MSPA das espécies variou de acordo com a produção de matéria seca.

A inoculação com o FMA *Glomus etunicatum* associado com as doses de P aumentaram significativamente o conteúdo de N na MSPA do braquiário (Figura 20 a). O mesmo não ocorreu com o amendoim forrageiro (Figura 21). Estes comportamentos acompanharam os do rendimento de MS, tanto para a gramínea como para a leguminosa.

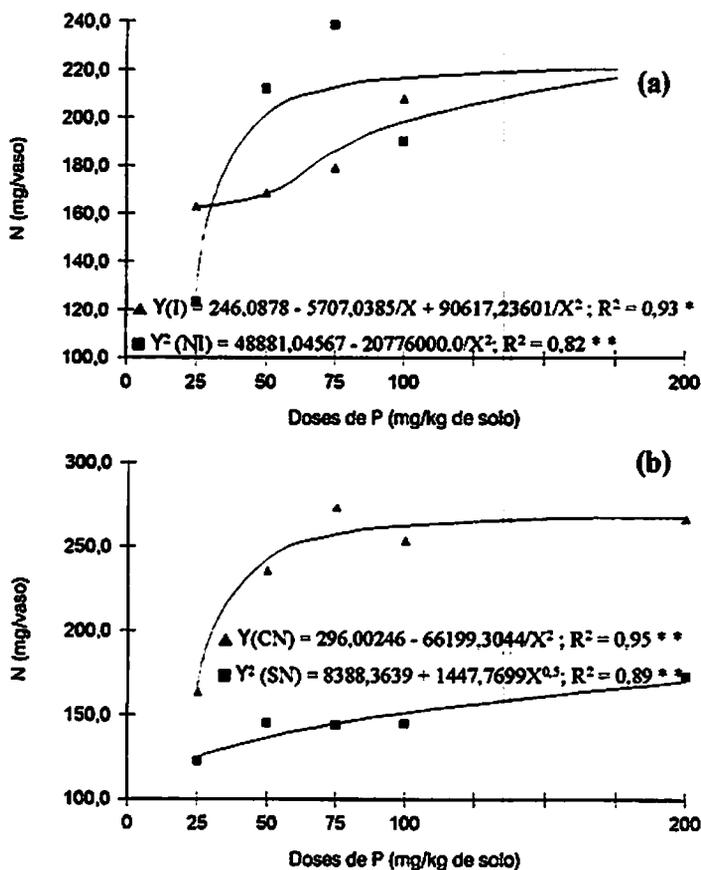


FIGURA 20. Quantidade acumulada de N na MSPA do braquiarião, no primeiro corte, em função das doses de P, para inoculado (I), não inoculado (NI) (a); com aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b).

O acúmulo de N na MSPA do braquiarião também foi influenciado pela adição de N em cobertura, porém esse efeito variou em função da adição de P no solo (Figura 20 b).

A aplicação de N em cobertura nas plantas de braquiarião proporcionou um maior acúmulo de N na MSPA, superior ao daquelas que não receberam o

TABELA 16. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para a quantidade acumulada de N (QAN) na MSPA do braquiarião e do amendoim forrageiro, em três cortes sucessivos e no total dos cortes, sob a influência de P, inoculação e N.

Fonte De Variação	QAN							
	Braquiarião				Amendoim Forrageiro			
	1º Corte	2º Corte	3º Corte	Total	1º Corte	2º Corte	3º Corte	Total
P	13906,85*	234,58 ^{ns}	575,95 ^{ns}	40102,84**	3818,36**	244,93*	368,67*	1192,97 ^{ns}
I	2096,58 ^{ns}	10824,95**	2476,20**	23135,32**	440,91 ^{ns}	448,21*	26017,29**	54996,95**
N	172214,57**	185763,74**	209084,89**	1570686,40**	15454,85**	1149,58**	8843,54**	1646,19 ^{ns}
PxI	6829,15**	1420,63*	764,48*	5217,98*	1364,35**	268,96*	467,75**	2465,01 ^{ns}
PxN	4314,56*	1367,38*	489,68 ^{ns}	6730,68*	2704,96**	375,20**	624,26**	5718,87**
IxN	502,66 ^{ns}	11467,52**	365,77 ^{ns}	2996,22 ^{ns}	659,70 ^{ns}	472,10*	13368,07**	12778,04**
PxIxN	1924,77 ^{ns}	660,01 ^{ns}	747,96*	3775,15 ^{ns}	1364,53**	92,86 ^{ns}	197,28 ^{ns}	560,82 ^{ns}
Resíduo	1170,62	474,47	235,50	2000,63	287,15	71,13	110,23	1067,26
CV (%)	17,81	24,13	24,51	13,83	30,17	63,90	37,67	38,34
Média Geral	192,12	90,28	62,62	345,02	56,17	13,20	27,87	97,24

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns (não significativo).

elemento. No entanto, estas, ainda assim, apresentaram um aumento linear no conteúdo de N em função das doses de P. Nas doses mais baixas, esse aumento foi mais rápido, ao passo que nas mais elevadas observou-se um incremento lento, próximo da estabilização (Figura 20 b).

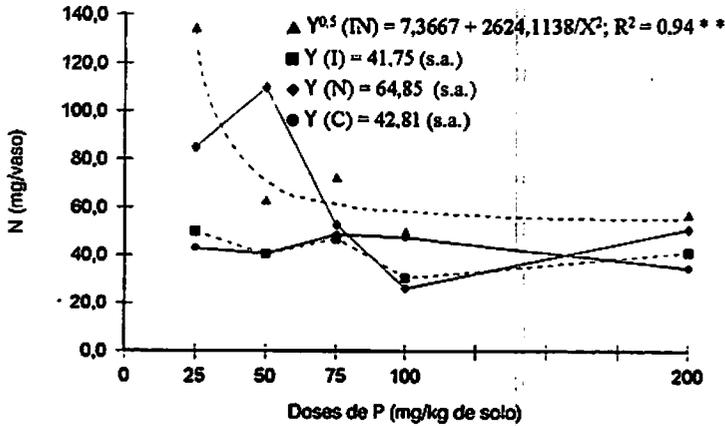
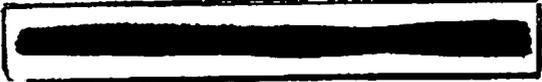


FIGURA 21. Quantidade acumulada de N na MSPA do amendoim forrageiro, no primeiro corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); s.a.=sem ajuste.

Mesmo em doses elevadas de P, as plantas micorrizadas de braquiarião (Figura 20 a) ainda absorveram mais N. Isto pode ser explicado pelo sistema de cultivo adotado. Em estudos desenvolvidos por Simpson (1976), foi estimado que cerca de 3 a 20% de N foi transferido da leguminosa para a gramínea.

Vários trabalhos têm demonstrado que as endomicorrizas são eficientes em mediar a transferência de N entre plantas (Barea, Azcón e Azcón-Aguilar, 1989; Berthlenfalvay et al., 1991), principalmente em sistemas de pastagens onde, segundo Barea, Azcón e Azcón-Aguilar (1989), as plantas crescem em uma associação muito densa e a micorrização pode ser importante no ciclo de N entre plantas, especialmente entre gramíneas e leguminosas.



Ames et al. (1984), ao avaliar a dinâmica de absorção do N a partir de duas fontes diferentes pelo FMA *Glomus mossae*, e Ibijibijen et al. (1996), em *Sorghum vulgare* e *Brachiaria arrecta*, verificaram que os FMA's têm acesso a outras fontes de N, além do mineral, apesar do crescimento do *S. vulgare* não ter sido modificado pela colonização micorrízica.

No segundo corte, as respostas das espécies estudadas aos tratamentos foram semelhantes. Para a gramínea, o acúmulo de N aumentou com o incremento das doses de P no tratamento não inoculado (Figura 22a). Entretanto, as plantas não micorrizadas e aquelas que receberam apenas o N em cobertura foram as que apresentaram os maiores teores de N na MS (Figura 22).

Como este corte foi realizado em um intervalo de tempo menor, houve uma menor produção de MS. Por isso, as plantas apresentaram um acúmulo de N inferior ao primeiro corte tanto para o braquiarião como para o amendoim forrageiro. Este período foi o mais crítico para a leguminosa. Sua participação no consórcio reduziu, nesta fase, pela forte competição exercida pela gramínea.

Nas doses elevadas de P, as plantas de amendoim forrageiro inoculadas apresentaram maior conteúdo de N em relação às não inoculadas (Figura 23 a). Segundo Follett e Wilkinson (1995) as associações micorrízicas com leguminosas em solos com alto teor de P têm aumentado a nodulação e fixação de N₂. Já para as plantas não inoculadas houve um decréscimo acentuado no conteúdo de N em relação às plantas micorrizadas. Porém, aquelas que não receberam N apresentaram um aumento na concentração de N na MSPA (Figuras 23).

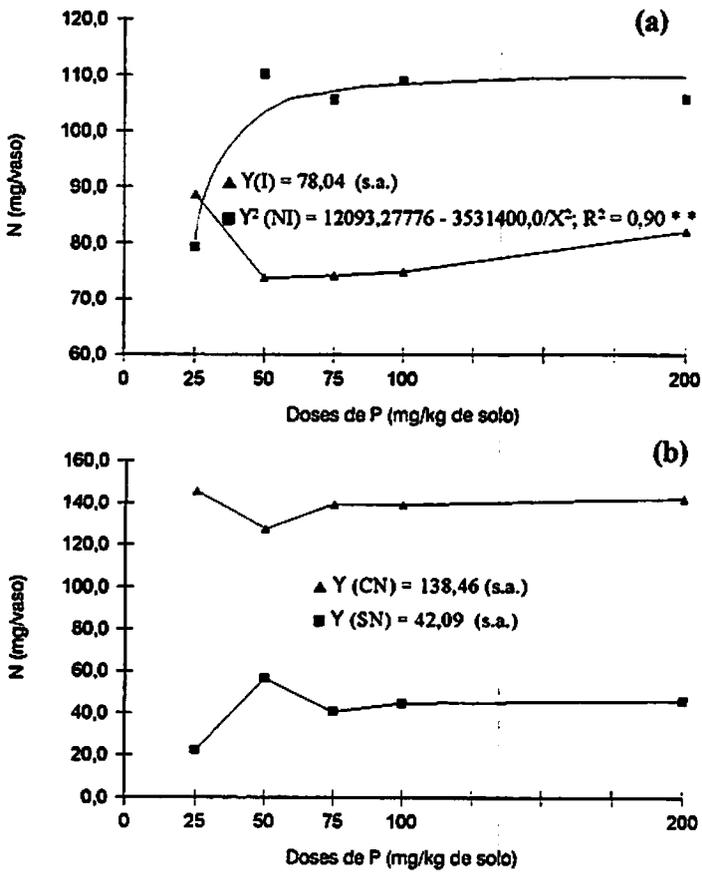


FIGURA 22. Quantidade acumulada de N na MSPA do braquiarião, no segundo corte, em função das doses de P, para inoculado (I), não inoculado (NI) (a); com aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b); s.a.= sem ajuste.

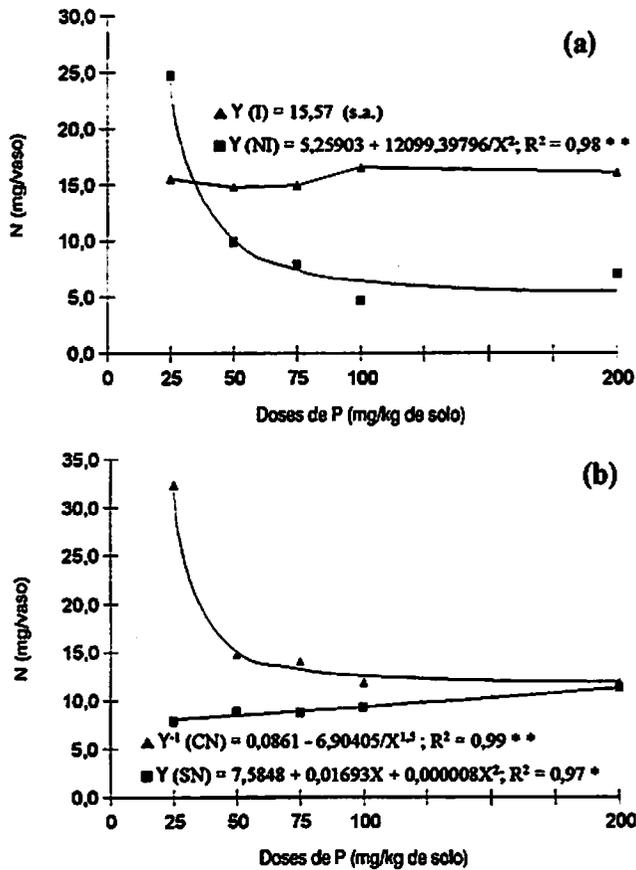


FIGURA 23. Quantidade acumulada de N na MSPA do amendoim forrageiro, no segundo corte, em função das doses de P, para inoculado (I), não inoculado (NI) (a); com aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b); s.a. = sem ajuste.

Do resultado do desdobramento da interação entre a inoculação e a aplicação de N em cobertura (Tabela 17), verificou-se que as plantas de braquiário e de amendoim forrageiro cultivadas na presença de N não foram influenciadas pela inoculação com FMA *Glomus etunicatum*, porém, na ausência de N, observou-se uma resposta contrária para o braquiário, o que normalmente ocorre nestes tipos de estudos, pois as plantas micorrizadas acumularam menos N do que as não micorrizadas.

O mesmo não ocorreu com o amendoim forrageiro, pois as plantas que foram cultivadas na ausência de N e inoculadas acumularam 3,1 vezes mais N que aquelas não inoculadas. Já a adubação nitrogenada proporcionou um acúmulo de 3,7 vezes mais, ou seja, um incremento de 0,6 vezes no conteúdo de N entre as plantas não inoculadas.

Trabalhos realizados com essa associação tripartite, *Rhizobium* – fungo micorrízico – leguminosas, têm mostrado que a nodulação e o crescimento são incrementados e que o peso da MS, bem como os teores de N e P, são maiores nas plantas infectadas com FMA (Bonetti, 1984).

TABELA 17. Quantidade acumulada de N na MSPA do braquiarião e do amendoim forrageiro, no segundo corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	N (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Braquiarião		
Inoculado	138,80 aA	18,48 bB
Não Inoculado	138,12 aA	65,69 aB
Amendoim Forrageiro		
Inoculado	16,05 aA	14,20 aA
Não Inoculado	17,05 aA	4,61 bB

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A diferença altamente significativa entre as plantas de braquiarião que receberam ou não o N é explicada pela maior produção de MS daquelas adubadas com o N em cobertura. Enquanto a adubação nitrogenada favoreceu a gramínea, acarretou prejuízos para a leguminosa, principalmente nas doses inferiores de P.

No terceiro corte, as plantas de braquiarião e de amendoim forrageiro apresentaram respostas diferentes do segundo corte. No braquiarião as plantas controle de e aquelas apenas inoculadas reduziram bruscamente as quantidades acumuladas de N na MS em decorrência da sua baixa produção de MS. O fator que mais contribuiu para o aumento no conteúdo de N foi a aplicação do N em cobertura, seguido da inoculação com *Glomus etunicatum* (Figura 24).

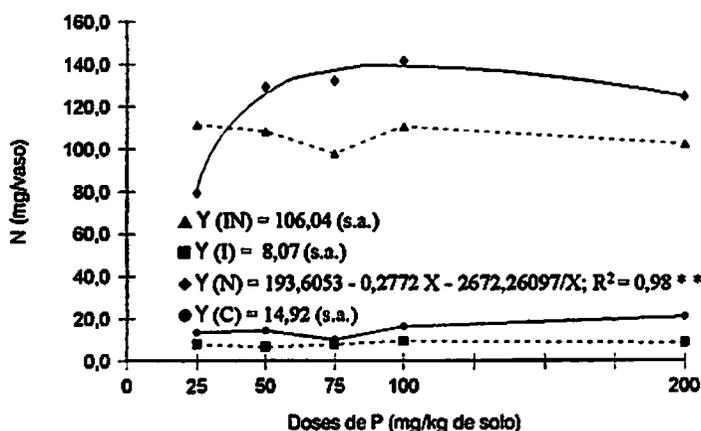


FIGURA 24. Quantidade acumulada de N na MSPA do braquiarião, no terceiro corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); s.a. = sem ajuste.

O acúmulo máximo de N alcançado pelas plantas não micorrizadas e na presença de N foi de 139,2 mg/vaso, sob a dose de 98,18 mg de P/kg de solo. A queda posterior aconteceu em decorrência da redução do crescimento das plantas nestas doses elevadas de P.

O acúmulo de N na MS do amendoim forrageiro acompanhou o desenvolvimento da cultura. As plantas micorrizadas e aquelas que receberam N foram as que apresentaram as maiores concentrações de N na MS. Embora a consorciação esteja ligada ao aproveitamento do N atmosférico, alguns estudos

sobre a aplicação de N no consórcio têm mostrado que a sua aplicação pode diminuir a fixação biológica do N₂ (Nambiar et al. 1983; Ofori e Stern, 1987; Bollner e Nosberger, 1987) (Figura 25).

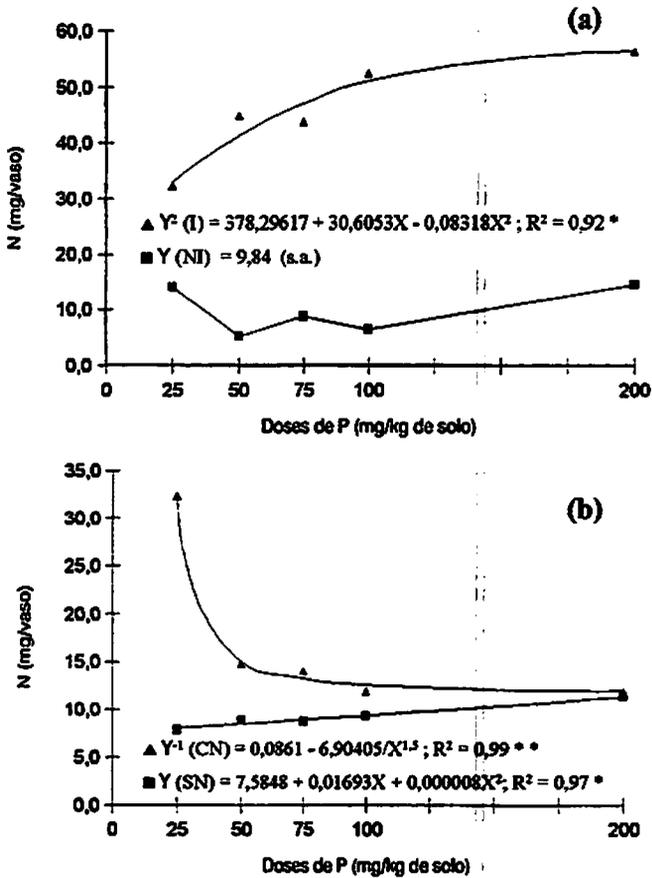


FIGURA 25. Quantidade acumulada de N na MSPA do amendoim forrageiro, no terceiro corte, em função das doses de P, para inoculado (I), não inoculado (NI) (a); com aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b); s.a. = sem ajuste.

Ao contrário do que ocorreu com a gramínea, a inoculação afetou de maneira significativa o acúmulo de N na MS do amendoim forrageiro

(Tabela 18). Verificou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos inoculado e não inoculado tanto dentro de aplicação ou não de N. As plantas que mais acumularam N foram aquelas inoculadas e sem aplicação de N em cobertura, cerca de 9,3 vezes mais que as não inoculadas. Do mesmo modo, na presença de N as plantas de amendoim forrageiro inoculadas apresentaram maior acúmulo de N na MSPA, cerca de 1,8 vezes mais. Já no tratamento não inoculado, não houve efeito significativo da aplicação de N em cobertura, enquanto, no tratamento inoculado a aplicação de N em cobertura propiciou um acúmulo de N bem inferior do obtido sem aplicação de N.

TABELA 18. Quantidade acumulada de N na MSPA do amendoim forrageiro, no terceiro corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	N (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	22,46 aB	69,35 aA
Não Inoculado	12,25 bA	7,42 bA

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Ao final dos três cortes sucessivos, observou-se que a quantidade total acumulada de N na MSPA do braquiário foi influenciada por todos os fatores estudados, com exceção das interações $I \times N$ e $P \times I \times N$. Para o amendoim forrageiro a quantidade total acumulada de N foi influenciada pela inoculação e pelas interações $P \times N$ e $I \times N$. As doses de P e a aplicação de N só exerceram influência quando associadas (Tabela 16). Fato que torna evidente evidente o sinergismo entre P e N no que diz respeito a resposta em acúmulo de N.

As plantas de braquiário que foram micorrizadas acumularam uma menor quantidade de N, principalmente nas doses mais baixas de P, porém tenderam a um maior acúmulo nas doses mais elevadas. Por outro lado, as não

micorrizadas acumularam mais nas menores doses de P e sob as mais elevadas não variaram (Figura 26).

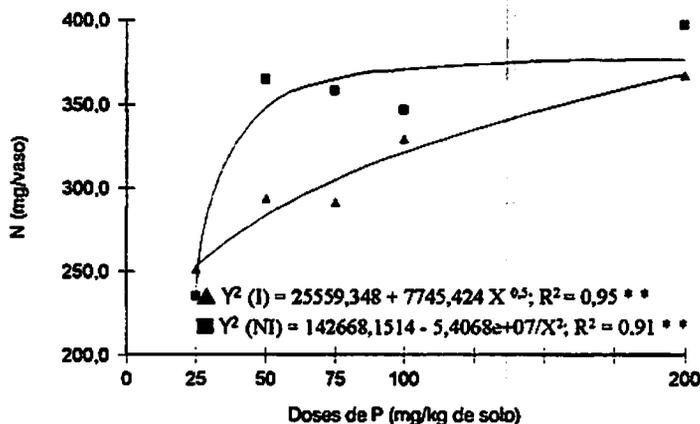
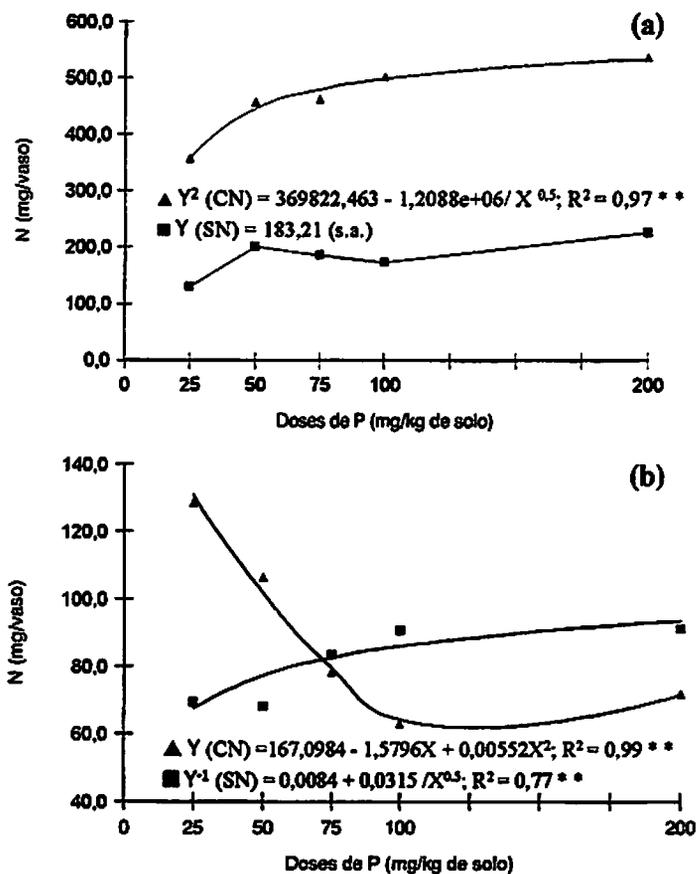


FIGURA 26. Quantidade total acumulada de N na MSPA do braquiário, em função das doses de P, para inoculado (I) e não inoculado (NI).

Entretanto, as plantas de braquiário que receberam N em cobertura apresentaram maior conteúdo de N quando comparadas com aquelas sem adubação de cobertura, ratificando os resultados parciais dos cortes que mostraram que a gramínea dependeu mais da adubação nitrogenada, uma vez que não apresentou dependência micorrizica (Figura 27 a).

O mesmo não ocorreu com o amendoim forrageiro que, por sua vez, foi prejudicado com a aplicação de N em cobertura. Houve uma tendência de queda no acúmulo de N na MSPA das plantas que receberam N atingindo um acúmulo mínimo de 47,4 mg/vaso de N na dose de 143,0 mg de P/kg de solo; comportamento inverso foi observado para aquelas plantas que não receberam N (Figura 27 b).



FFIGURA 27. Quantidade total acumulada de N na MSPA do braquiarião (a) e do amendoim forrageiro (b), em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura; sem ajuste (s.a.).

A micorrização nas plantas de amendoim forrageiro, na presença de N, provocou um aumento significativo de 1,3 vezes mais N, enquanto as cultivadas, na ausência de N, houve um acúmulo de 2,8 vezes mais N, em relação às não micorrizadas (Tabela 19). Isto em decorrência da fixação biológica do N. Para as plantas inoculadas, a adubação nitrogenada, ao contrário do que ocorreu para a gramínea, reduziu em 13,5% o acúmulo de N, enquanto entre as não

micorrizadas a presença do N aumentou de modo significativo, em 82,1% o acúmulo de N (Tabela 19).

TABELA 19. Quantidade total acumulada de N na MSPA do amendoim forrageiro, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	N (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	103,33 aA	119,53 aA
Não Inoculado	76,17 bA	41,82 bB

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Como já comentado anteriormente, a adubação nitrogenada prejudicou o desenvolvimento e a participação da leguminosa no consórcio. Tanto o P como a inoculação, individualmente, proporcionaram maiores acúmulos de N na leguminosa do que a aplicação de N em cobertura. Para a gramínea, no entanto, os fatores que mais influenciaram foram o P e o N.

4.5.2. Fósforo

O acúmulo de P na MSPA do braquiário foi influenciada pela adição de P e P x N nos três cortes, pela inoculação no primeiro e terceiro cortes, pela aplicação de N no segundo e terceiro cortes e pelas interações P x I e P x I x N apenas no primeiro corte e I x N no primeiro e segundo cortes. Para o amendoim forrageiro, os fatores que afetaram o conteúdo de P foram as doses de P no primeiro e terceiro cortes, a inoculação no segundo e terceiro cortes, a aplicação de N nos três cortes e as interações P x I apenas no segundo corte, P x N nos três cortes, I x N no segundo e terceiro cortes e P x I x N apenas no primeiro corte (Tabela 20).

TABELA 20 - Resumo da análise de variância (quadrados médios) para quantidade acumulada de P (QAP) na MSPA do braquiarião e do amendoim forrageiro, em três cortes sucessivos e no total dos cortes, sob a influência de P, inoculação e N.

Fonte De Variação	QAP							
	Braquiarião				Amendoim Forrageiro			
	1º Corte	2º Corte	3º Corte	Total	1º Corte	2º Corte	3º Corte	Total
P	1783,95**	74,81**	72,36**	2252,65**	10,24**	0,38 ^{ns}	6,67**	0,79 ^{ns}
I	471,91**	9,58 ^{ns}	18,32**	481,92 ^{ns}	3,28 ^{ns}	3,14**	77,83**	158,29**
N	102,33 ^{ns}	1226,49**	467,25**	1905,05**	51,49**	7,50**	55,86**	3,49 ^{ns}
PxI	1086,25**	1,66 ^{ns}	2,16 ^{ns}	776,92**	5,19 ^{ns}	1,25°	1,28 ^{ns}	14,47 ^{ns}
PxN	1259,75°	42,79**	13,06**	574,48°	16,09**	1,25°	3,44**	40,05**
IxN	927,52**	30,90**	1,86 ^{ns}	711,08 ^{ns}	2,63 ^{ns}	4,73**	44,54**	29,10°
PxIxN	1067,16**	6,18 ^{ns}	1,87 ^{ns}	638,76°	7,54°	0,78 ^{ns}	2,41 ^{ns}	8,59 ^{ns}
Resíduo	62,39	2,91	1,62	187,15	2,60	0,36	0,55	6,48
CV (%)	41,31	23,71	25,45	46,75	37,76	69,24	37,87	40,85
Média Geral	19,12	7,20	5,01	31,33	4,27	0,87	1,96	7,10

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns (não significativo).

O acúmulo de P, no primeiro corte, aumentou tanto para o braquiarião como para o amendoim forrageiro, em função das doses de P, acompanhando o comportamento da produção de MS (Figura 28).

Resultados obtidos por Hoffmann (1992), ao estudar aspectos da nutrição mineral de plantas adubadas com N, P, K, verificou que a braquiária e o colômbio apresentaram relações lineares entre as doses de P aplicadas e sua concentração na MSPA. Vários trabalhos com gramíneas forrageiras têm mostrado efeitos positivos, normalmente lineares, do acúmulo de P na MS em resposta às suas doses aplicadas (Costa, Moneratt e Gomide, 1983; Gomide et al., 1986; Fonseca, 1987 e Guss, Gomide e Novais, 1990).

Para a gramínea, a inoculação promoveu maiores acúmulos de P na MSPA, fato este que está de acordo com Abbott e Robson (1982), pois, segundo os autores, as plantas micorrizadas são mais eficientes em absorver o fósforo da solução do solo. O amendoim forrageiro, por sua vez, não apresentou um comportamento claramente definido principalmente para as plantas micorrizadas e sem N e adubadas apenas com N.

O incremento na absorção de P pelas raízes associadas ao fungo é atribuído ao aumento da superfície de absorção e, conseqüentemente, do volume de solo explorado (Hayman e Mosse, 1972). Contudo, Cress, Throneberry e Lindsey (1979) afirmam que o sistema com micorriza não depende exclusivamente de uma exploração física, mas principalmente da presença e da expansão de sítios de absorção de maior afinidade (baixo Km) por P nas raízes.

No segundo corte, verificou-se que o acúmulo de P na MSPA do braquiarião foi bem maior em função das doses de P quando na presença de N, observando-se um efeito sinérgico entre os nutrientes N e P (Figura 29). Cole et al (1963) já haviam constatado que o N, de um modo geral, estimulava a absorção e translocação de P em plantas de milho.

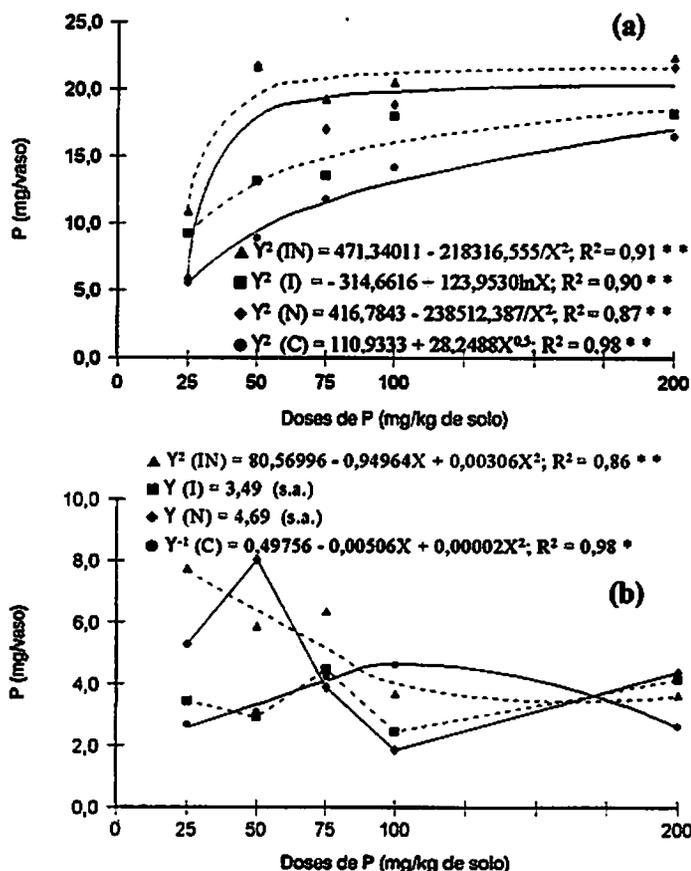


FIGURA 28. Quantidade acumulada de P na MSPA do braquiarião (a) e do amendoim forrageiro (b), no primeiro corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); s.a. = sem ajuste.

As plantas controle de braquiarião apresentaram um acúmulo crescente de P na MSPA apenas em função das doses de P, confirmando a importância da adubação fosfatada no crescimento das plantas.

Resultados semelhantes foram encontrados por Correa (1991) ao estudar níveis críticos de P para o estabelecimento de *B. decumbens*, *B. brizantha* cv.

Marandu e *P. maximum* em Latossolo Vermelho Amarelo, álico. O autor verificou que os conteúdos de P na MS da parte aérea das três gramíneas aumentaram significativamente com o aumento das doses de P aplicadas, sendo que o acúmulo foi mais acentuado em *B. brizantha* e *P. maximum* e menos em *B. decumbens*.

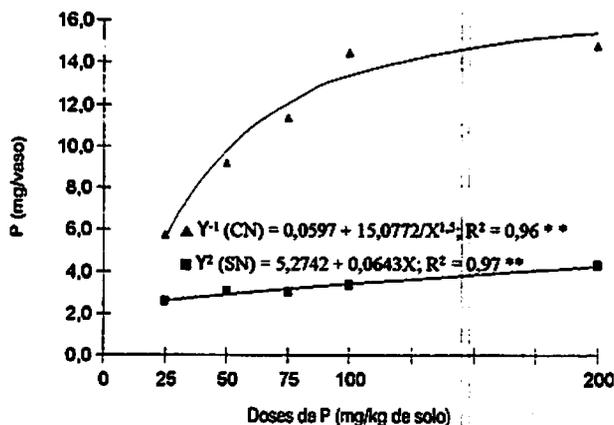


FIGURA 29. Quantidade acumulada de P na MSPA do braquiarião, no segundo corte, em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura.

O fator preponderante no aumento de P na MSPA do braquiarião foi a aplicação de N, uma vez que a inoculação apenas proporcionou um pequeno aumento ou até mesmo uma certa redução. Entre as plantas inoculadas o N representou um aumento de 2,8 vezes mais de P, enquanto, entre as não inoculadas, 4,0 vezes. Apenas a inoculação gerou um aumento de 18,3% no acúmulo de P nas plantas não adubadas com N e uma redução de 15,9% de P nas adubadas (Tabela 21).

TABELA 21. Quantidade acumulada de P na MSPA do braquiarião, no segundo corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	P (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	10,15 bA	3,56 aB
Não Inoculado	12,08 aA	3,01 aB

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Ao contrário do que ocorreu com a gramínea, a leguminosa foi marcadamente influenciada pela inoculação, que proporcionou um maior acúmulo de P do que a adubação nitrogenada (Figura 30).

Com o aumento das doses de P nas plantas que receberam o N, houve uma diminuição no conteúdo de P na MSPA da leguminosa. Por outro lado, para as plantas que não receberam a aplicação de N, o acúmulo de P aumentou, refletindo a produção de MS neste segundo corte.

Bonetti (1984), ao avaliar o efeito de MVA's na nodulação, crescimento e absorção de P e N em siratro (*Macroptilium atropurpureum*), também observou que a micorriza favoreceu o acúmulo de P na parte aérea desta leguminosa e a absorção total de P e N em ambientes com baixa disponibilidade de P.

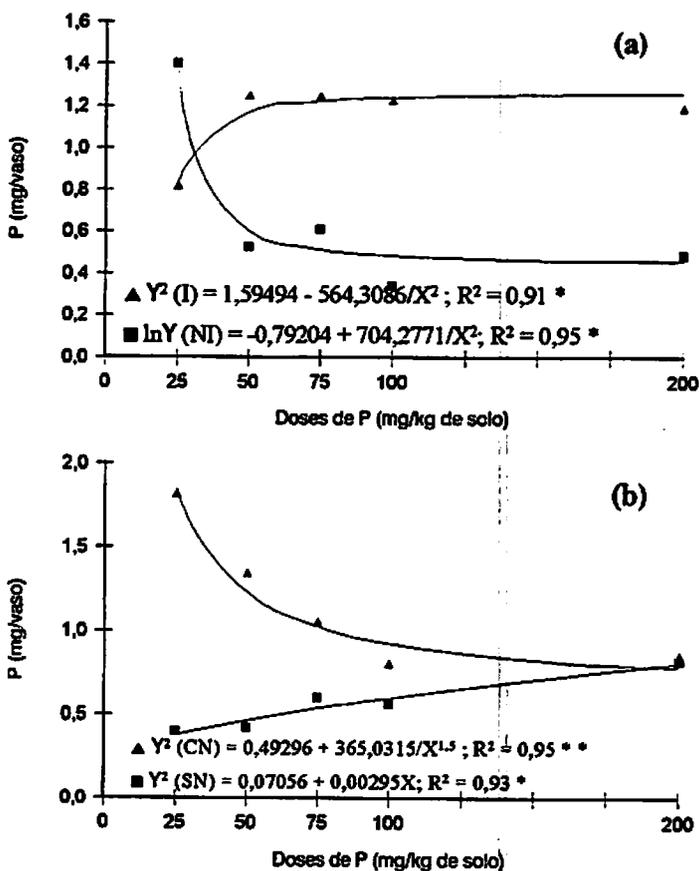


FIGURA 30. Quantidade acumulada de P na MSPA do amendoim forrageiro, no segundo corte, em função das doses de P, para inoculado (I), não inoculado (NI) (a); para aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b).

O acúmulo de P na MSPA do braquiarião, no terceiro corte, aumentou com as doses de P, tanto na presença como na ausência do N. Entretanto, as plantas adubadas com N acumularam bem mais P que as não adubadas, (Figura 31), mostrando a estreita relação entre o N e P na produção de MSPA e, conseqüentemente no conteúdo de minerais.

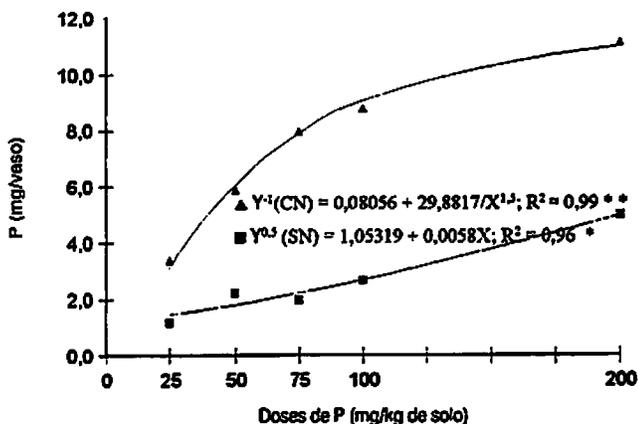


FIGURA 31. Quantidade acumulada de P na MSPA do braquiarião, no terceiro corte, em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura.

Apesar das plantas apresentarem uma maior produção de MS neste corte em relação ao anterior, o acúmulo de P não foi superior. Isto provavelmente ocorreu em consequência do efeito da diluição. Segundo Fleming (1971), citado por Spear (1995), com o avanço da idade o conteúdo de MS da planta geralmente aumenta mais rapidamente do que a absorção do mineral, causando o decréscimo da concentração de muitos minerais.

A micorrização gerou um aumento na concentração de P na MSPA do braquiarião de cerca de 21,2% (Tabela 22).

TABELA 22. Quantidade acumulada de P na MSPA do braquiarião, no terceiro corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum*.

Inoculação	P (mg/vaso)
Inoculado	5,49 a
Não Inoculado	4,53 b

* Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Semelhantemente ao que ocorreu com a gramínea, na leguminosa o acúmulo de P não acompanhou a produção de MSPA neste período. As plantas

de amendoim forrageiro que mais acumularam P foram aquelas apenas micorrizadas (Figura 32), observando-se, desta maneira, que o amendoim forrageiro dependeu muito da micorriza para absorver P ao contrário do braquiarião. As plantas controle também apresentaram um maior acúmulo de P com o aumento das doses de P.

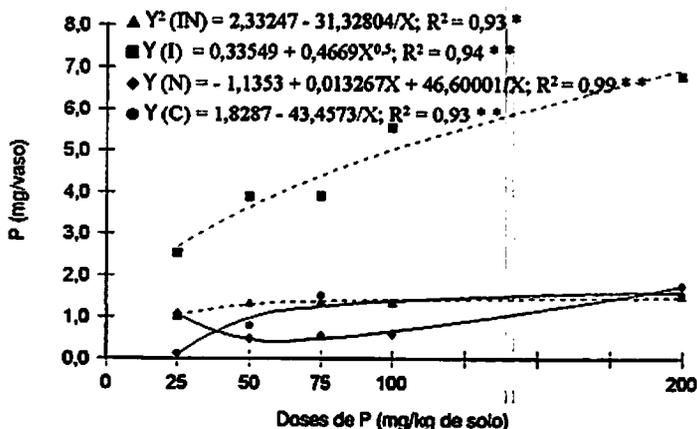


FIGURA 32. Quantidade acumulada de P na MSPA do amendoim forrageiro, no terceiro corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C).

Baseando-se na resposta da leguminosa (Figura 32), constata-se que o amendoim forrageiro pode ser caracterizado como sendo uma espécie bem mais dependente da associação micorrizica do que o braquiarião. Esta característica pode proporcionar uma melhoria do valor nutritivo da gramínea consorciada, em função da possibilidade da leguminosa transferir nutrientes para a mesma, via hifa. Segundo Robson, O'hara e Abbott (1981), este processo pode ocorrer em duas etapas: inicialmente os fungos micorrizicos aumentam a absorção de P pela leguminosa e, conseqüentemente, aumentam a sua fixação biológica de N_2 . Além do N, outros nutrientes, segundo Newman e Ritz (1986), podem ser

transferidos entre as plantas conectadas pelas hifas micorrízicas, em intensidade suficiente para promover uma resposta no crescimento das plantas receptoras e se constituir em uma grande significância ecológica, considerando a diferença no conteúdo de nutrientes entre plantas competidoras.

Como na maioria dos solos tropicais predominam condições de baixa disponibilidade de N e P, a possível transferência de nutrientes entre plantas torna-se um importante processo na sua adaptação e estabelecimento.

A quantidade total acumulada de P, nos três cortes sucessivos, na MSPA do braquiarião foi afetada pelas doses de P, aplicação de N em cobertura e pelas interações P x I, P x N e P x I x N. Para o amendoim forrageiro, a acumulação total de P foi influenciada pela inoculação e pelas interações P x N e I x N (Tabela 20).

As plantas de braquiarião micorrizadas foram menos eficientes na absorção de P, principalmente na ausência de N, embora tenha sido observado um aumento no conteúdo de P com a elevação das doses deste elemento. O comportamento das plantas inoculadas e cultivadas com N foi semelhante ao daquelas não inoculadas e cultivadas com N (Figura 33).

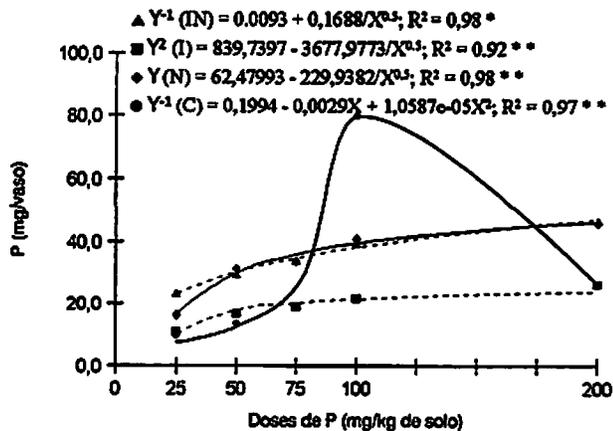


FIGURA 33. Quantidade total acumulada de P na MSPA do braquiarião, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C).

A adubação nitrogenada provocou uma redução do conteúdo de P na MSPA do amendoim forrageiro em função do aumento das doses do elemento (Figura 34). As plantas de amendoim forrageiro micorrizadas e cultivadas sem N acumularam 1,9 vezes mais P que as não micorrizadas, enquanto na presença de N não houve diferença significativa (Tabela 23).

TABELA 23. Quantidade total acumulada de P na MSPA do amendoim forrageiro, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	P (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	6,82 aB	8,45 aA
Não Inoculado	5,21 aA	4,43 bA

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

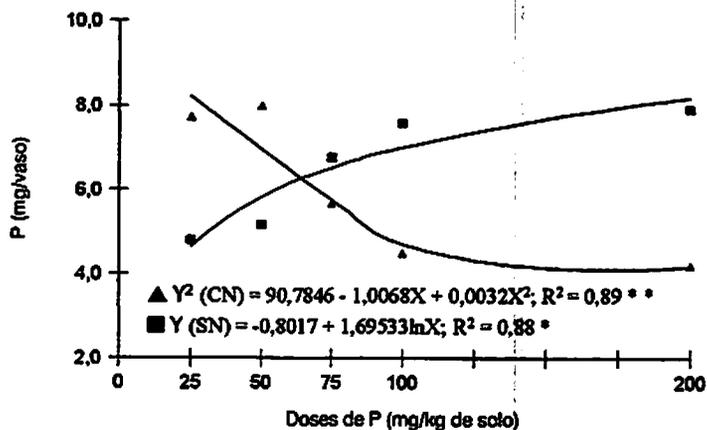


FIGURA 34. Quantidade total acumulada de P na MSPA do amendoim forrageiro, em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura.

4.5.3. Potássio

O acúmulo de K na MSPA do braquiário foi afetado significativamente pelas doses de P, aplicação de N e pela interação entre eles, nos três cortes; pela inoculação e sua interação com o N e P no primeiro corte; pela interação P \times N P \times I \times N no segundo corte e pelas interações P \times I e P \times I \times N no terceiro corte. Para o amendoim forrageiro os fatores que influenciaram o conteúdo de K na MSPA foram as doses de P no primeiro e segundo cortes; inoculação, aplicação de N e a interação P \times N nos três cortes; P \times I apenas no segundo corte e I \times N no segundo e terceiro cortes (Tabela 24).

Para as plantas de braquiário, no primeiro corte, tanto as inoculadas como as adubadas com N apresentaram respostas semelhantes para o conteúdo de K na MSPA. Houve um aumento no acúmulo de K com a elevação das doses de P, acompanhando o comportamento da produção de MS (Figura 35).

As plantas de braquiário não inoculadas aumentaram o acúmulo de K nas doses mais elevadas de P, compensando o efeito das micorrizas por doses mais altas de P, pois, segundo Lu e Koide (1994), a infecção micorrízica e as doses mais elevadas de P têm influências qualitativamente semelhantes.

Os estudos da inoculação com fungos micorrízicos em relação aos conteúdos de K na parte aérea da planta têm mostrado resultados inconsistentes e de difícil interpretação (Sieverding e Toro, 1988). A maior parte destes estudos foi efetuada em solos deficientes em P para demonstrar o papel dos FMA na absorção de P.

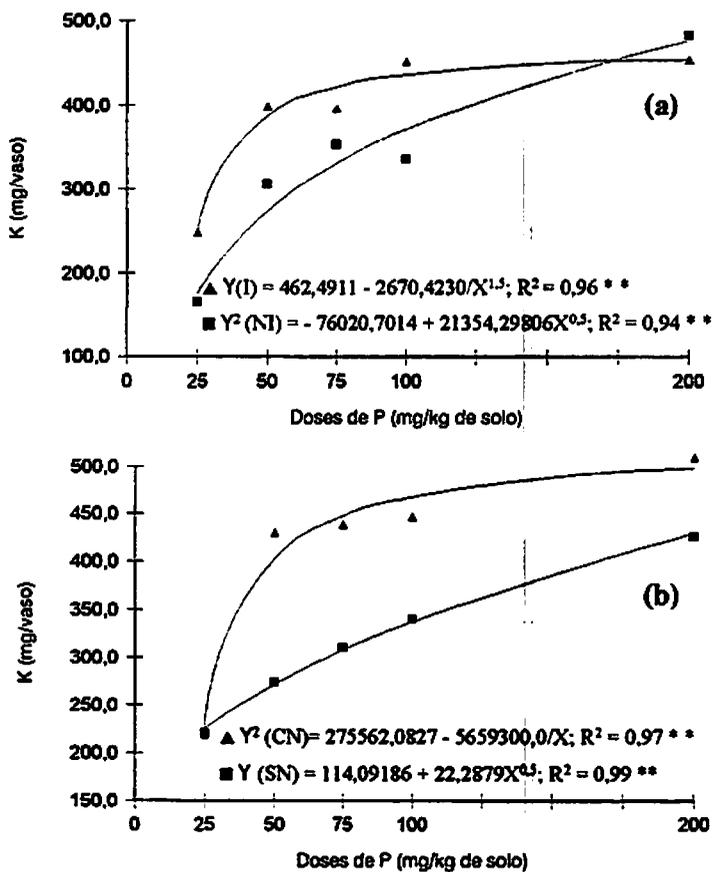


FIGURA 35. Quantidade acumulada de K na MSPA do braquiarião, no primeiro corte, em função das doses de P, para inoculado (I) e não inoculado (NI) (a); com aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b).

Vários pesquisadores encontraram pouco efeito do P adicionado sobre a quantidade acumulada de K na planta (Filizolla e Baumgartner, 1984; Nascimento, Isepon e Fernandes, 1990), enquanto outros têm relatado uma redução no conteúdo deste elemento (Andrew e Robins, 1971; CIAT, 1982), sendo esta redução atribuída pelos penúltimos autores aos efeitos da diluição. Hoffmann (1992) verificou que a produção de MS no primeiro corte foi o

TABELA 24. Resumo da análise de variância (quadrado médio) para quantidade acumulada de K (QAK) na MSPA do braquiário e do amendoim forrageiro, em três cortes sucessivos e no total dos cortes, sob a influência de P, inoculação e N.

Fonte de Variação	QAK							
	Braquiário				Amendoim Forrageiro			
	1° Corte	2° Corte	3° Corte	Total	1° Corte	2° Corte	3° Corte	Total
P	130206,91**	19519,48**	2704,93**	76525,44**	2089,90**	408,84**	106,15 ^{ns}	1630,74 ^{ns}
I	87793,73**	1340,34 ^{ns}	774,69 ^{ns}	4514,68 ^{ns}	10623,74**	830,69**	21240,20**	66520,04**
N	178269,32**	132567,99**	182774,76**	1057292,08**	4170,56**	952,68**	19923,82**	6554,37*
PxI	14711,75**	1857,27 ^{ns}	2379,19**	5350,68 ^{ns}	591,32 ^{ns}	144,25*	115,21 ^{ns}	724,86 ^{ns}
PxN	14635,72**	13409,09**	3643,24**	5269,91 ^{ns}	1497,93**	283,29**	919,95**	4691,01**
IxN	12963,71*	655,77 ^{ns}	1335,07 ^{ns}	24035,06*	493,82 ^{ns}	728,24**	16076,72**	17104,23**
PxIxN	4548,93 ^{ns}	3158,25*	2760,39**	2413,12 ^{ns}	297,47 ^{ns}	95,10 ^{ns}	162,63 ^{ns}	653,03 ^{ns}
Resíduo	2451,01	1030,79	450,74	4462,06	276,58	56,46	95,77	1121,63
CV (%)	13,70	32,29	25,02	13,00	32,33	70,01	35,87	41,76
Média Geral	361,32	99,40	84,84	545,56	51,45	10,73	27,28	89,46

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns (não significativo).

determinante da tendência seguida pelo acúmulo de K tanto no braquiarião como no colonião.

As plantas que não receberam N acumularam menos K justamente por produzirem menos que as demais. Mesmo assim, observou-se um aumento apenas como consequência das doses de P aplicadas. Desta forma, todos os fatores estudados provocaram um aumento significativo no acúmulo de K na MSPA do braquiarião.

Variações no teor de K em função da aplicação de N é um fato bem conhecido em gramíneas forrageiras, podendo diminuir (Martim, 1997), não alterar significativamente (Menegatti, 1999) ou aumentar (Gomide e Costa, 1984; Botrel, Alvim e Mozzer, 1990 e Hoffmann, 1992).

Neste corte, verificou-se que tanto na presença como na ausência de N as plantas micorrizadas acumularam mais K que as não micorrizadas (Tabela 25). Este aumento representou um acréscimo de 10,5% e 34,2% no conteúdo de K, na presença e ausência de N, respectivamente.

TABELA 25. Quantidade acumulada de K na MSPA do braquiarião, no primeiro corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	K (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	428,93 aA	359,98 aB
Não Inoculado	388,13 bA	268,26 bB

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Para o amendoim forrageiro, a resposta foi contrária, ou seja, em geral, o conteúdo de K reduziu com o aumento das doses de P. No entanto, as plantas que receberam o N acumularam mais K quando submetidas a doses mais elevadas de P, acompanhando, assim, a produção de MS (Figura 36).

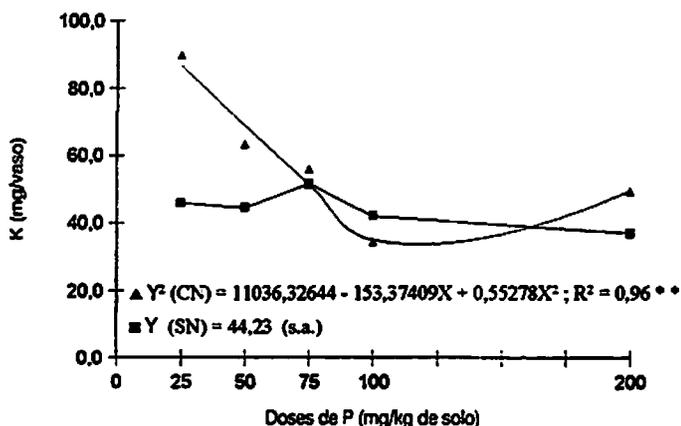


FIGURA 36. Quantidade acumulada de K na MSPA do amendoim forrageiro, no primeiro corte, em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura.

Mesmo com esta redução no acúmulo de K na MS da leguminosa, as plantas micorrizadas acumularam 1,6 vezes mais K que as não micorrizadas, evidenciando os benefícios da associação micorrizica (Tabela 26). Para a gramínea, a inoculação *per se* provocou um aumento no acúmulo de K 1,2 vezes (Tabela 25). Assim, a leguminosa mostrou uma eficiência de 0,4 vezes a mais no acúmulo de K, nestas circunstâncias.

TABELA 26. Quantidade acumulada de K na MSPA do amendoim forrageiro, no primeiro corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum*.

Inoculação	K (mg/vaso)
Inoculado	62,92 a
Não Inoculado	39,92 b

* Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

No segundo corte, as plantas de braquiarião apresentaram um comportamento inverso ao que ocorreu no primeiro corte. Houve uma redução

significativa no acúmulo de K na MSPA em todos os tratamentos estudados (Figura 37).

A queda do acúmulo de K foi menos drástica nas plantas que receberam o N em cobertura. A inoculação promoveu uma redução do acúmulo de K, mesmo na presença de N (Figura 37).

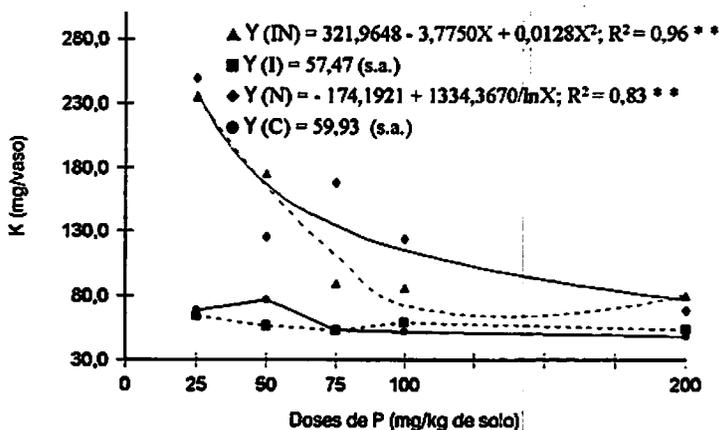


FIGURA 37. Quantidade acumulada de K na MSPA do braquiário, no segundo corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); sem ajuste (s.a.).

Mais uma vez, o efeito preponderante para o acúmulo de K na MSPA do amendoim forrageiro foi a inoculação. Apesar de ter havido um decréscimo no acúmulo de K com a elevação das doses de P, observou-se que foi bem mais ameno nas plantas micorrizadas, que chegaram a promover um aumento de 13 vezes mais de K na MS, quando na ausência de N, em relação às não inoculadas (Figura 38 e Tabela 27).

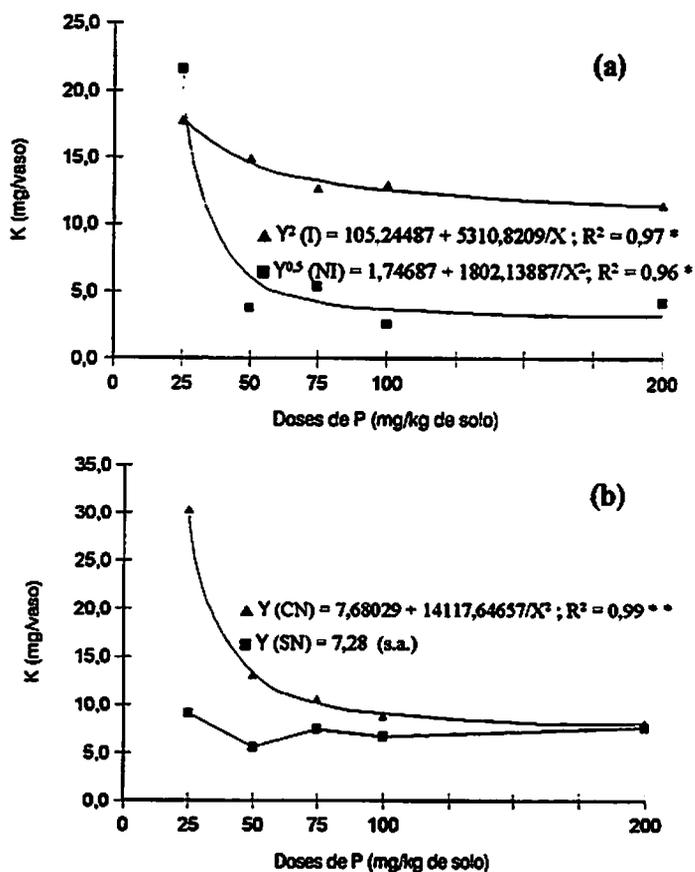


FIGURA 38. Quantidade acumulada de K na MSPA do amendoim forrageiro, no segundo corte, em função das doses de P, para inoculado (I) e não inoculado (NI) (a); aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b); sem ajuste (s.a.).

TABELA 27. Quantidade acumulada de K na MSPA do amendoim forrageiro, no segundo corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	K (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	14,39 aA	13,52 aA
Não Inoculado	13,98 aA	1,04 bB

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

No corte mais tardio (terceiro corte) as plantas de braquiarião e do amendoim forrageiro acumularam mais K que no corte anterior devido as suas maiores produções de MS (Figura 39).

O comportamento das plantas de braquiarião neste corte foi totalmente contrário ao do primeiro corte. Isto pode ser explicado pelo fator maturidade da planta, pois, segundo Spears (1995), o estágio de maturação das plantas afeta o seu conteúdo de minerais; segundo o autor, a absorção rápida de minerais pelas plantas ocorre geralmente durante o estágio inicial do seu crescimento.

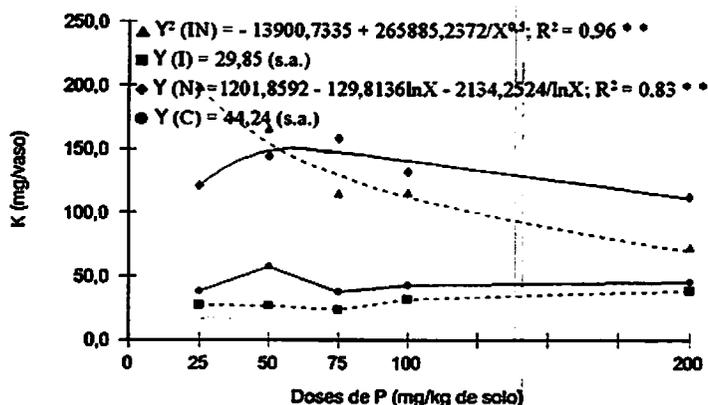


FIGURA 39. Quantidade acumulada de K na MSPA do braquiarião, no terceiro corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); sem ajuste (s.a.).

Diferentemente do que ocorreu nos cortes anteriores para o amendoim forrageiro, nos quais os conteúdos de K não apresentaram aumentos significativos na ausência de N e sem inoculação, neste corte grandes acúmulos de K foram evidenciados. Houve aumento no conteúdo de K com a elevação das doses de P (Figura 40). Pela falta da adubação nitrogenada, provavelmente a gramínea tornou-se menos competitiva, permitindo uma maior absorção de nutrientes por parte da leguminosa.

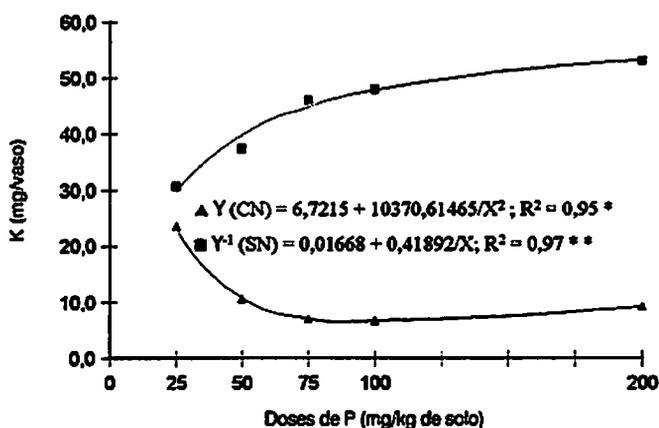


FIGURA 40. Quantidade acumulada de K na MSPA do amendoim forrageiro, no terceiro corte, em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura.

Entretanto, este aumento foi potencializado pela presença do FMA *Glomus etunicatum*, que proporcionou um aumento significativo de 5,8 vezes mais no acúmulo de K na MSPA do amendoim forrageiro na ausência de N; na presença de N ocorreu um acréscimo de 1,4 vezes. Mais uma vez fica evidenciada a grande dependência micorrízica desta espécie forrageira (Tabela 28).

TABELA 28. Quantidade acumulada de K na MSPA do amendoim forrageiro, no terceiro corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	K (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	13,62 aB	73,53 aA
Não Inoculado	9,38 aA	12,59 bA

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O conteúdo total de K na MSPA do braquiário ao final dos três cortes sucessivos, foi marcadamente influenciado pelas doses de P, a aplicação de N e pela interação IxN. Em amendoim forrageiro, os fatores que afetaram o conteúdo de K na MSPA foram a inoculação, a aplicação de N e as interações PxN e IxN (Tabela 24).

O conteúdo de K na MSPA do braquiário aumentou de forma quadrática com a elevação das doses de P, atingindo um máximo de 597,6 mg/vaso com uma dose de 181,32 mg de P/kg de solo (Figura 41). Entretanto, a adubação nitrogenada promoveu maiores acúmulos, ou seja, 618,81 e 638,46 mg/vaso nas plantas inoculadas ou não, respectivamente (Tabela 29). O efeito preponderante para a gramínea foi a adubação nitrogenada, pois enquanto a inoculação promoveu um aumento médio de apenas 3,0% no acúmulo de K, a aplicação de N permitiu um incremento médio de 1,6 vezes mais K, (Tabela 29).

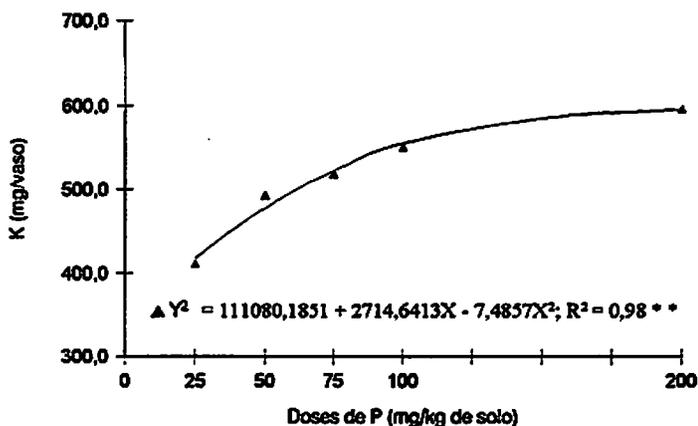


FIGURA 41. Quantidade total acumulada de K na MSPA do braquiarião, em função das doses de P.

TABELA 29. Quantidade total acumulada de K na MSPA do braquiarião, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	K (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	618,81 aA	423,56 aB
Não Inoculado	638,46 aA	373,87 bB

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Ao contrário do que ocorreu com a gramínea, o conteúdo total de K na MSPA do amendoim forrageiro reduziu com o aumento das doses de P, na presença de N; na ausência de N houve um maior acúmulo (Figura 42). Este acúmulo, porém, foi potencializado quando as plantas foram inoculadas com o FMA *Glomus etunicatum*, promovendo um aumento de 2,9 vezes mais de K quando comparadas com as plantas não inoculadas e cultivadas na ausência de N. Mesmo na presença de N, a inoculação permitiu um aumento de 1,4 vezes de K, enquanto apenas a adubação nitrogenada proporcionou um aumento de 24,3%

de K nas plantas não micorrizadas e uma redução de 35,7% nas plantas micorrizadas (Tabela 30).

TABELA 30. Quantidade total acumulada de K na MSPA do amendoim forrageiro, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	K (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	85,36 aB	132,71 aA
Não Inoculado	56,94 bA	45,79 bA

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

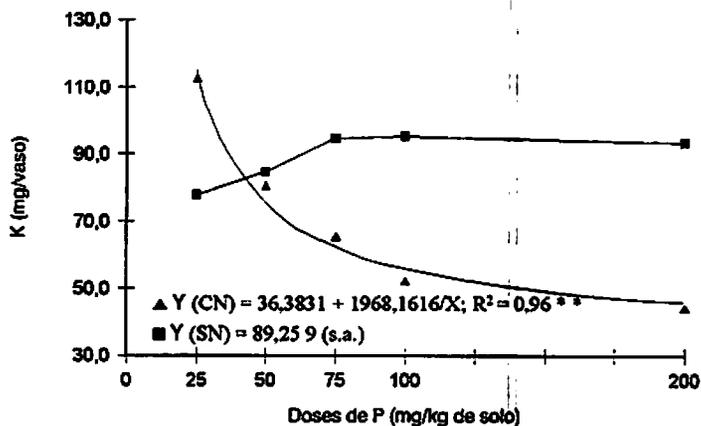


FIGURA 42. Quantidade total acumulada de K na MSPA do amendoim forrageiro, em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura; sem ajuste (s.a.).

Os efeitos dos fungos micorrízicos sobre o conteúdo de minerais na MSPA do braquiarião e do amendoim forrageiro podem resultar da ação direta do fungo sobre os mecanismos de absorção, de efeitos secundários resultantes das interações e da diluição ou concentração desses minerais em plantas com produções de MS diferentes, como relatado por Abbott e Robson (1982). Além

disso, em ótimas condições de disponibilidade de P a colonização é inibida e o maior suprimento de P pode alterar a absorção, translocação e assimilação dos outros minerais.

4.5.4. Cálcio

Pela análise de variância observou-se que o acúmulo de Ca na MSPA do braquiarião foi influenciado significativamente pelas doses de P, aplicação de N em cobertura e a interação P \times N nos três cortes; pela inoculação (I) e sua interação com o P no primeiro e terceiro cortes e pela interação P \times I \times N apenas no terceiro corte. Para o amendoim forrageiro, o acúmulo de Ca foi afetado pelas doses de P no primeiro e terceiro cortes; pela inoculação (I), N, P \times I, P \times N e P \times I \times N nos três cortes e pela interação I \times N no segundo e terceiro cortes (Tabela 31).

No primeiro corte, o conteúdo de Ca na MSPA do braquiarião aumentou, principalmente quando foi inoculado ou adubado com N, em função das doses de P. No entanto, a aplicação de N promoveu maiores acúmulos de Ca (Figura 43).

De acordo com Mascarenhas (1977) e Malavolta e Paulino (1991), a absorção de Ca está mais associada à capacidade de troca de cátions (CTC) das raízes e o N pode influenciar esta CTC. Em plantas com baixa CTC inicial, o N pode aumentar esta CTC, permitindo que as plantas absorvam mais Ca. Naquelas em que a CTC inicial é elevada, o aumento de Ca é desprezível (Mascarenhas, 1977). Assim, conclui-se que o efeito da aplicação de N sobre a absorção de Ca é muito dependente da espécie envolvida. As raízes das leguminosas apresentam uma maior CTC que as das gramíneas (Evans, 1977),

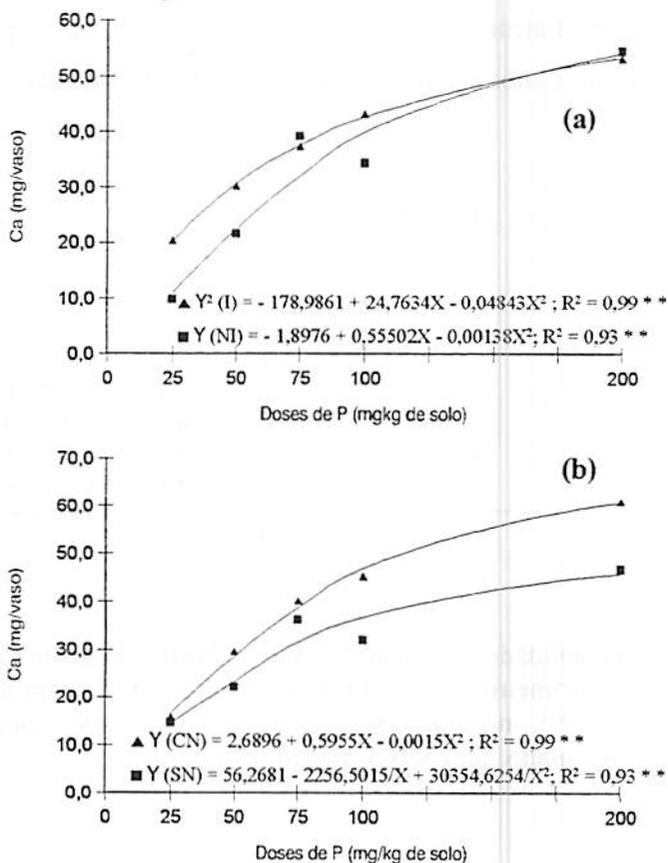


FIGURA 43. Quantidade acumulada de Ca na MSPA do braquiarião, no primeiro corte, em função das doses de P, para inoculado (I) e não inoculado (NI) (a); para aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b).

apresentando, portanto, maior afinidade por cátions divalentes, enquanto as gramíneas, por monovalentes.

O amendoim forrageiro, neste corte, não apresentou uma tendência definida para o acúmulo de Ca na MSPA. Esta indefinição não permitiu ajustes de equações. No entanto, através dos dados médios verificou-se que o fator que permitiu os maiores acúmulos de Ca na MSPA foi a inoculação, associada à

ausência de N, em função das doses de P. Como se esperava, as plantas controle foram aquelas que menos acumularam Ca na MSPA (Figura 44).

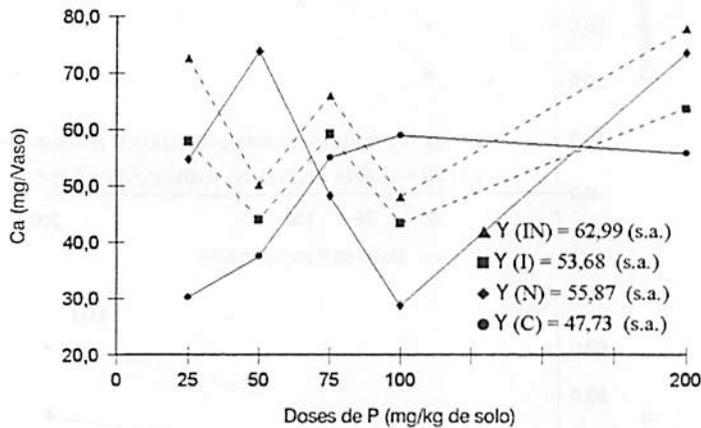


FIGURA 44. Quantidade acumulada de Ca na MSPA do amendoim forrageiro, no primeiro corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); sem ajuste (s.a.).

Comparados com o P, a assimilação e o transporte de Ca pelas hifas são relativamente baixos, o que pode explicar a sua redução na MSPA da planta, além do efeito da diluição.

No segundo corte, o acúmulo de Ca na MSPA do braquiarião também aumentou na presença de N e com a elevação das doses de P. A quantidade acumulada de Ca na MSPA praticamente não variou daquela encontrada no primeiro corte, embora, neste corte, a produção de MS desta espécie tivesse sido menor. Entretanto, as plantas que não receberam N não apresentaram um aumento significativo do acúmulo de Ca (Figura 45).

TABELA 31. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para quantidade acumulada de Ca (QACa) na MSPA do braquiarião e do amendoim forrageiro, em três cortes sucessivos e no total dos cortes, sob a influência de P, inoculação e N.

Fonte De Variação	QACa							
	Braquiarião				Amendoim Forrageiro			
	1º Corte	2º Corte	3º Corte	Total	1º Corte	2º Corte	3º Corte	Total
P	3411,99**	1197,50**	6954,29**	32253,78**	1139,31**	99,06 ^{ns}	864,45**	890,24 ^{ns}
I	493,37**	16,83 ^{ns}	2139,77**	2267,47 ^{ns}	854,19*	1328,45**	14777,77**	31415,49**
N	1263,02**	24110,26**	186108,01**	317687,58**	1522,07*	2525,18**	6363,17**	689,02 ^{ns}
PxI	144,40**	44,92 ^{ns}	626,72*	273,32 ^{ns}	529,59*	195,31**	482,06**	2024,36 ^{ns}
PxN	127,22*	875,52**	5625,12**	8068,17**	871,87**	152,71*	692,85**	3153,93*
IxN	94,85 ^{ns}	8,27 ^{ns}	203,96 ^{ns}	591,61 ^{ns}	6,85 ^{ns}	977,06**	9393,08**	9099,80*
PxIxN	60,13 ^{ns}	52,09 ^{ns}	780,77*	1443,20 ^{ns}	609,95*	169,31*	443,35**	920,89 ^{ns}
Resíduo	38,05	28,19	233,34	799,33	218,99	51,54	110,81	1120,35
CV (%)	17,95	20,27	25,64	24,64	26,87	53,99	36,27	38,62
Média Geral	34,37	26,20	59,58	120,15	55,07	13,30	29,02	97,39

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns (não significativo).

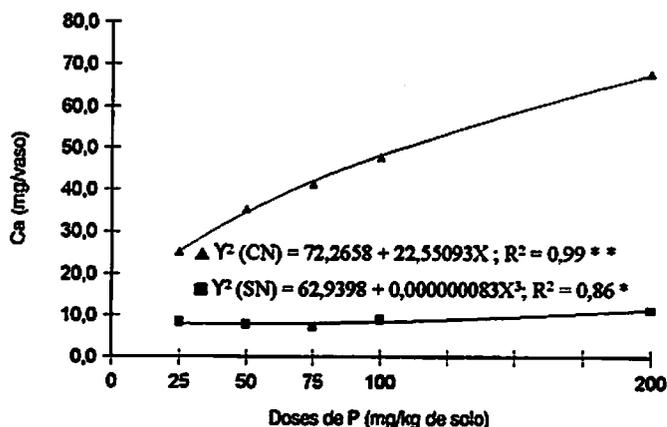


FIGURA 45. Quantidade acumulada de Ca na MSPA do braquiarião, no segundo corte, em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura.

Assim como ocorreu para a maioria dos minerais, também para o Ca a resposta foi semelhante, ou seja, o acúmulo de Ca acompanhou a tendência da produção de MS do amendoim forrageiro. Nas plantas controle, por não produzirem MS, não foi possível fazer a determinação do teor de Ca. Ao contrário do que ocorreu com a gramínea, a presença de N provocou uma queda no acúmulo de Ca na leguminosa, provavelmente porque, segundo Follet e Wilkinson (1995), a fertilização nitrogenada favoreceu a gramínea no consórcio pelo aumento da sua competitividade por nutrientes, luz e água. As gramíneas por apresentarem um sistema radicular com maior número de pelos absorventes, são mais efetivas em retirar nutrientes e água do solo (Figura 46).

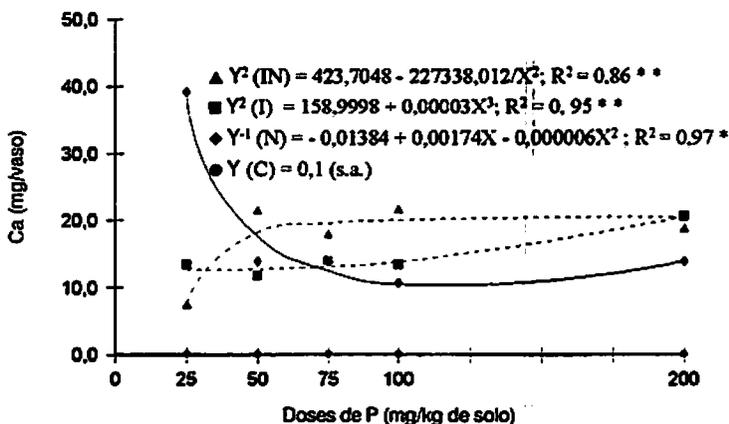


FIGURA 46. Quantidade acumulada de Ca na MSPA do amendoim forrageiro, no segundo corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); sem ajuste (s.a.).

Como o terceiro corte foi executado após um intervalo de tempo maior que os demais, era esperado um maior acúmulo de Ca na MSPA das espécies estudadas. Ao se comparar as suas respostas aos tratamentos aplicados, verificou-se que a leguminosa apresentou uma maior dependência micorrízica, quando as suas plantas foram inoculadas e cultivadas na ausência de N, o acúmulo de Ca foi muito maior do que na gramínea. No entanto, a gramínea foi mais responsiva à adubação nitrogenada (Figuras 47).

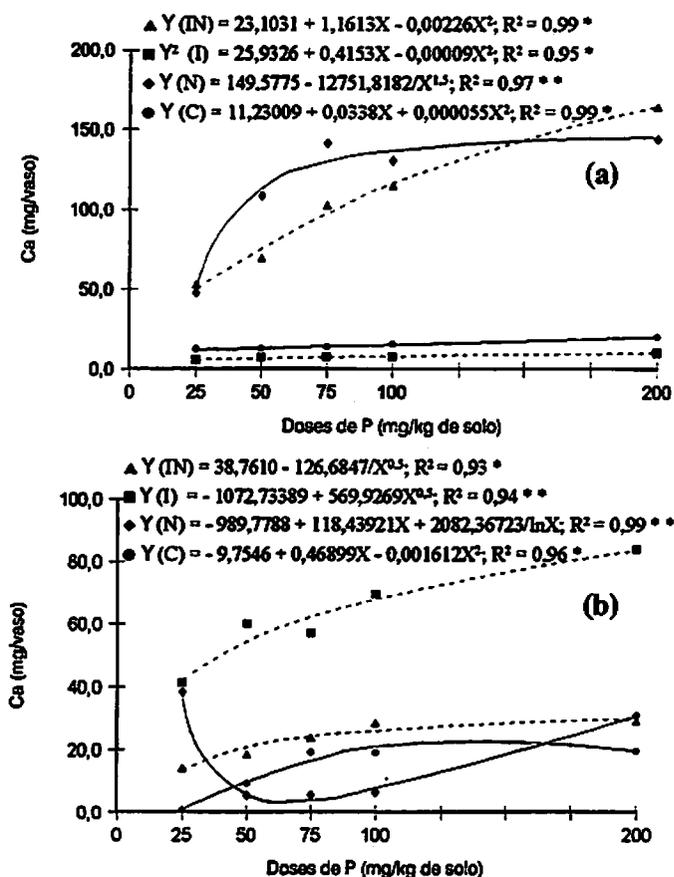


FIGURA 47. Quantidade acumulada de Ca na MSPA do braquiarião (a) e do amendoim forrageiro (b), no terceiro corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C).

Após somarem-se as quantidades acumuladas de Ca obtidas nos três cortes sucessivos, verificou-se que enquanto as doses de P, aplicação de N e a interação entre ambos influenciaram o conteúdo de Ca na MS do braquiarião, o conteúdo de Ca na MS do amendoim forrageiro foi afetado pela inoculação e pelas interações P x N e I x N (Tabela 31).

A adubação nitrogenada promoveu um aumento acentuado no acúmulo de Ca na MSPA do braquiário em função da elevação das doses de P (Figura 48 a). Já o amendoim forrageiro comportou-se de forma contrária, ou seja, houve aumento no conteúdo de Ca com o acréscimo das doses de P, na ausência de N (Figura 48 b).

A micorrização das plantas de amendoim forrageiro cultivadas na ausência de N favoreceu um aumento de 2,0 vezes no conteúdo de Ca na MSPA, enquanto, na presença, de apenas 1,2 vezes. Entre as plantas inoculadas, a aplicação de N reduziu em 22,6% o conteúdo de Ca, enquanto entre as não inoculadas verificou-se um aumento de 26,1% de Ca (Tabela 32).

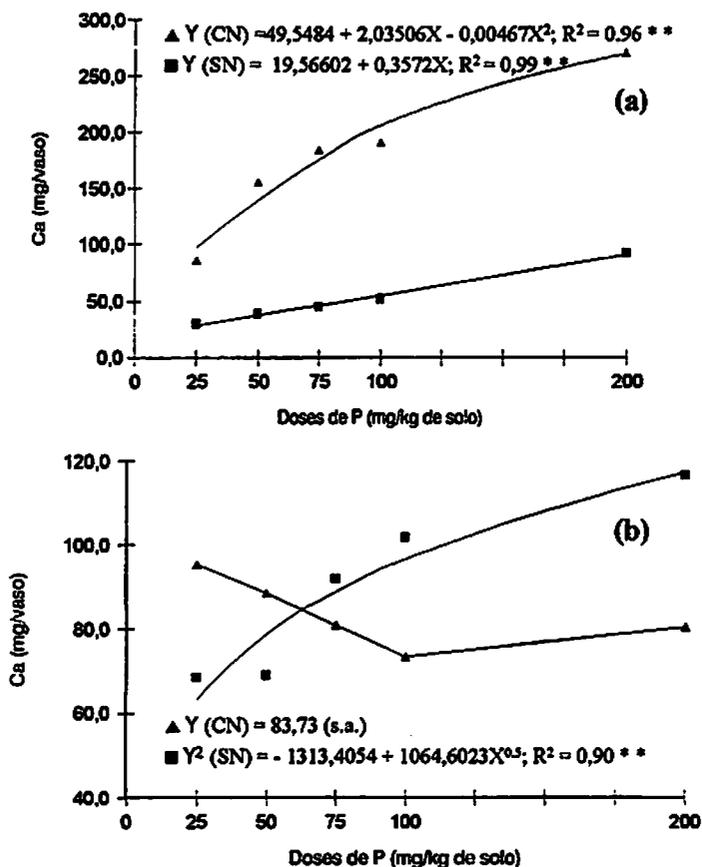


FIGURA 48. Quantidade total acumulada de Ca na MSPA do braquiarião (a) e do amendoim forrageiro (b), em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura; sem ajuste (s.a.).

Comparando-se a quantidade total acumulada de Ca com a de K na MS de amendoim forrageiro, verificou-se um maior acúmulo do primeiro, concordando com Evans (1977) ao afirmar que as raízes das leguminosas, por apresentarem uma maior CTC, são capazes de absorver maiores quantidades de Ca do que de K (Tabelas 30 e 32).

TABELA 32. Quantidade total acumulada de Ca na MSPA do amendoim forrageiro, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	Ca (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	92,88 aB	120,08 aA
Não Inoculado	74,58 a A	59,12 bA

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

4.5.5. Magnésio

Verificou-se, pela análise de variância, que a quantidade acumulada de Mg na MSPA do braquiário foi significativamente influenciada pelas doses de P, aplicação de N e pela interação P x N nos três cortes; pela inoculação e sua interação com P apenas no primeiro corte. Para o amendoim forrageiro, esta variável foi afetada pelas doses de P nos dois primeiros cortes; pela inoculação e aplicação de N em cobertura em todos os cortes, pelas interações P x I e I x N no segundo e terceiro cortes e pela interação P x N no primeiro e terceiro cortes (Tabela 33).

A adubação fosfatada proporcionou um aumento no acúmulo de Mg na MSPA do braquiário, o mesmo não acontecendo com o amendoim forrageiro, pelo menos nas doses mais baixas de P, como consequência do rendimento da MSPA (Figuras 49 e 50).

O acúmulo de Mg do braquiário apresentou uma tendência similar ao do K, tanto em função da aplicação de N quanto da inoculação, sendo superior ao acúmulo de Ca. A inoculação e a aplicação de N em cobertura foram os tratamentos que favoreceram os maiores acúmulos quando associados com as doses crescentes de P (Figuras 49).

TABELA 33. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para quantidade acumulada de Mg (QAMg) na MSPA do braquiarião e do amendoim forrageiro, em três cortes sucessivos e no total dos cortes, sob a influência de P, inoculação e N.

Fonte de Variação	QAMg							
	Braquiarião				Amendoim Forrageiro			
	1º Corte	2º Corte	3º Corte	Total	1º Corte	2º Corte	3º Corte	Total
P	4498,54 **	2132,50 **	3411,79 **	26208,92**	26,86 *	4,66 **	8,04 ^{ns}	2,78 ^{ns}
I	612,28 **	7,20 ^{ns}	633,36 ^{ns}	28,05 ^{ns}	51,12 *	28,09 **	673,21 **	1775,58**
N	9610,60 **	88370,54 **	209305,78**	627553,95**	141,27 **	73,40 **	256,29 **	3,49 ^{ns}
PxI	228,69 **	42,62 ^{ns}	315,49 ^{ns}	286,80 ^{ns}	21,74 ^{ns}	5,92 **	24,03 *	58,69 ^{ns}
PxN	641,04 **	2388,12 **	3464,02 **	14730,12**	27,78 *	2,36 ^{ns}	41,47 **	116,24*
IxN	1,48 ^{ns}	79,64 ^{ns}	278,12 ^{ns}	24,01 ^{ns}	12,24 ^{ns}	13,82 **	391,83 **	275,32*
PxIxN	49,84 ^{ns}	50,54 ^{ns}	362,40 ^{ns}	54,26 ^{ns}	19,20 ^{ns}	1,96 ^{ns}	10,06 ^{ns}	19,78 ^{ns}
Resíduo	42,66	79,92	174,18	582,91	9,13	1,07	6,61	39,04
CV (%)	14,29	21,36	22,67	17,49	31,38	45,00	6,03	39,62
Média Geral	45,69	41,85	58,23	145,77	9,63	2,30	6,03	17,96

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns (não significativo).

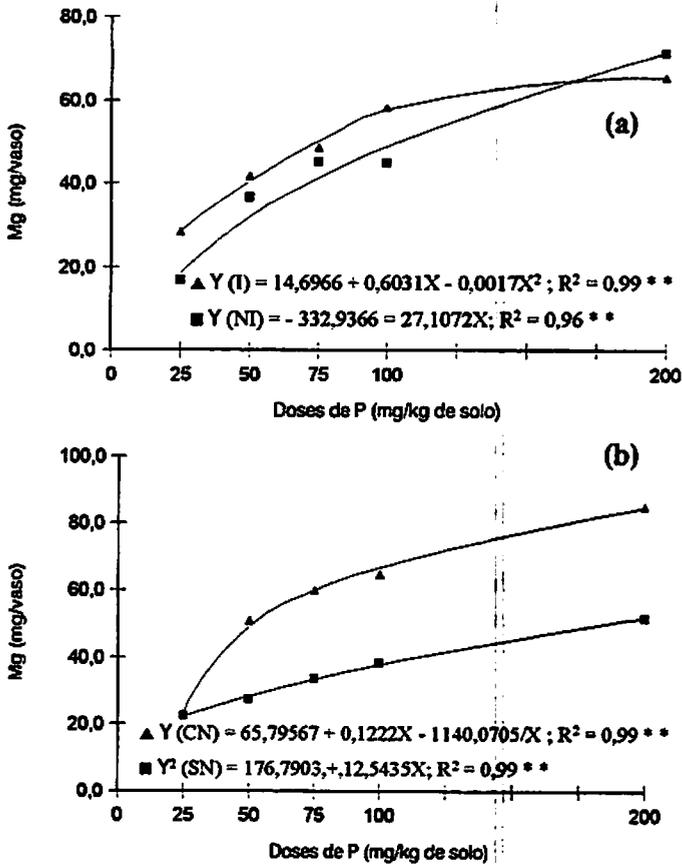


FIGURA 49. Quantidade acumulada de Mg na MSPA do braquiarião, no primeiro corte, em função das doses de P, para inoculado (I) e não inoculado (NI), (a); aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura, (b).

No amendoim forrageiro, sob as diferentes doses de P, a aplicação de N promoveu uma redução acentuada no conteúdo de Mg com posterior aumento entre as doses 100 e 200 mg de P/kg de solo (Figura 50). A inoculação, por sua vez, gerou um aumento de 18,1% de Mg na MSPA do amendoim forrageiro (Tabela 34).

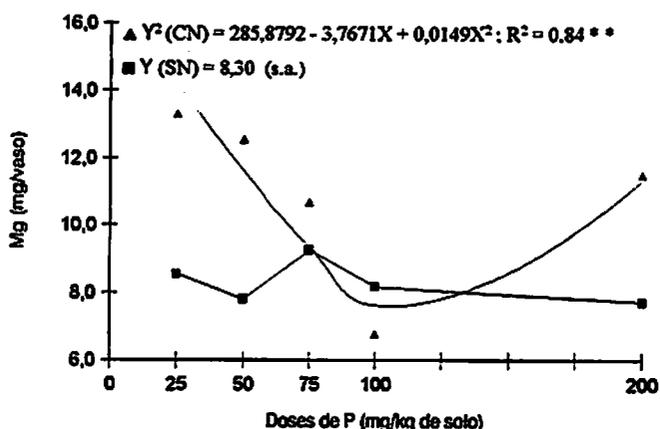


FIGURA 50. Quantidade acumulada de Mg na MSPA do amendoim forrageiro, no primeiro corte, em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura; sem ajuste (s.a.).

TABELA 34. Quantidade acumulada de Mg na MSPA do amendoim forrageiro, no primeiro corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum*.

Tratamentos	Mg (mg/vaso)
Inoculado	10,43 a
Não Inoculado	8,83 b

* Médias seguidas por letras diferentes não são iguais entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

No segundo corte, a tendência do acúmulo de Mg na MSPA do braquiarião, em função das doses de P e da aplicação de N, foi semelhante à do Ca. Nas menores doses de P houve uma maior acumulação de Mg, em detrimento do Ca, uma vez que aquele é mais facilmente absorvido que o Ca (Hoffmann, 1992). Sob a influência apenas das doses de P, não se verificaram aumentos significativos na quantidade acumulada de Mg, assim como aconteceu com o Ca no mesmo corte (Figura 51). Entretanto, as plantas cultivadas na presença de N apresentaram um conteúdo máximo de 100,7 mg de Mg/vaso com uma dose de 114,8 mg de P/kg de solo.

Assim como foi verificado por Hoffmann (1992) para a braquiária e para o colômbio, a acumulação de Mg seguiu a tendência da produção de MS, indicando que é esta quem determina a acumulação do nutriente.

Para as plantas de braquiário cultivadas na ausência de N, essa tendência não foi detectada, pois o acúmulo de Mg não acompanhou a produção de MS. Não se verificou um aumento do conteúdo de Mg em função das doses de P. O mesmo foi observado por Falade (1975) e Filizzola e Baumgartner (1984), ou seja, não verificaram efeito consistente da adubação fosfatada sobre a concentração de Mg nas MS de algumas espécies estudadas.

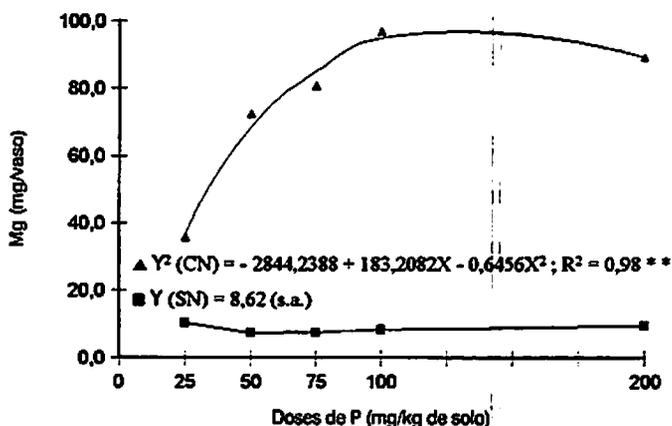


FIGURA 51. Quantidade acumulada de Mg na MSPA do braquiário, no segundo corte, em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura; sem ajuste (s.a.).

O amendoim forrageiro acumulou 10 vezes menos Mg que o Ca, apresentando um comportamento inverso ao do Ca. Praticamente não houve diferença entre as plantas inoculadas ou não. Com o aumento das doses de P houve uma redução no acúmulo de Mg na MSPA do amendoim forrageiro (Figura 52).

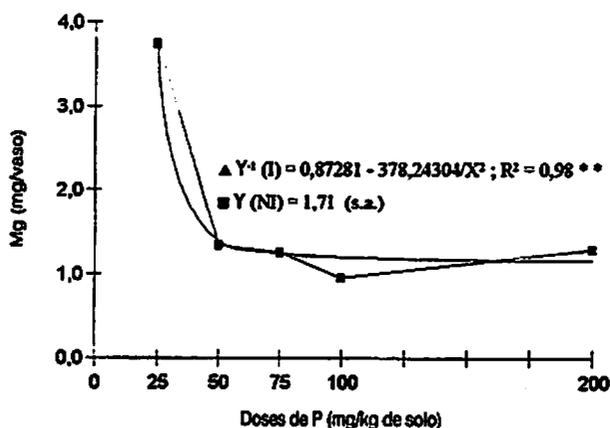


FIGURA 52. Quantidade acumulada de Mg na MSPA do amendoim forrageiro, no segundo corte, em função das doses de P, para inoculado (I) e não inoculado (NI); sem ajuste (s.a.).

Entretanto, ao desdobrar-se a interação IxN (Tabela 35), observou-se que na ausência de N a inoculação provocou um aumento de 6,9 vezes mais de Mg na MSPA do amendoim forrageiro, enquanto a aplicação de N permitiu um aumento de 11,7%.

TABELA 35. Quantidade acumulada de Mg na MSPA do amendoim forrageiro, no segundo corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	Mg (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	3,44 aA	2,35 aB
Não Inoculado	3,08 aA	0,34 bB

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A interação entre as doses de P e a aplicação de N, no terceiro corte, para ambas as espécies estudadas, proporcionou respostas contrárias das mesmas. Com a aplicação de N, a gramínea foi favorecida quanto ao acúmulo de

Mg, enquanto a leguminosa foi prejudicada. Isto ocorreu pela forte competição da gramínea proporcionada pela adubação nitrogenada aplicada.

Neste corte as doses de P não influenciaram o acúmulo de Mg na MSPA das plantas de braquiarião quando na ausência de N (Figura 53).

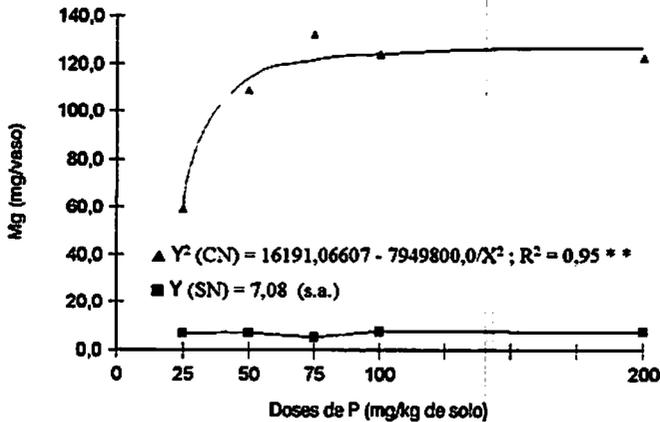


FIGURA 53. Quantidade acumulada de Mg na MSPA do braquiarião, no terceiro corte, em função das doses de P, para aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura; sem ajuste (s.a.).

Embora a adição de N provocasse redução no conteúdo de Mg na MSPA do amendoim forrageiro, a micorrização promoveu maior acúmulo deste nutriente, proporcional à produção de MSPA (Figuras 54).

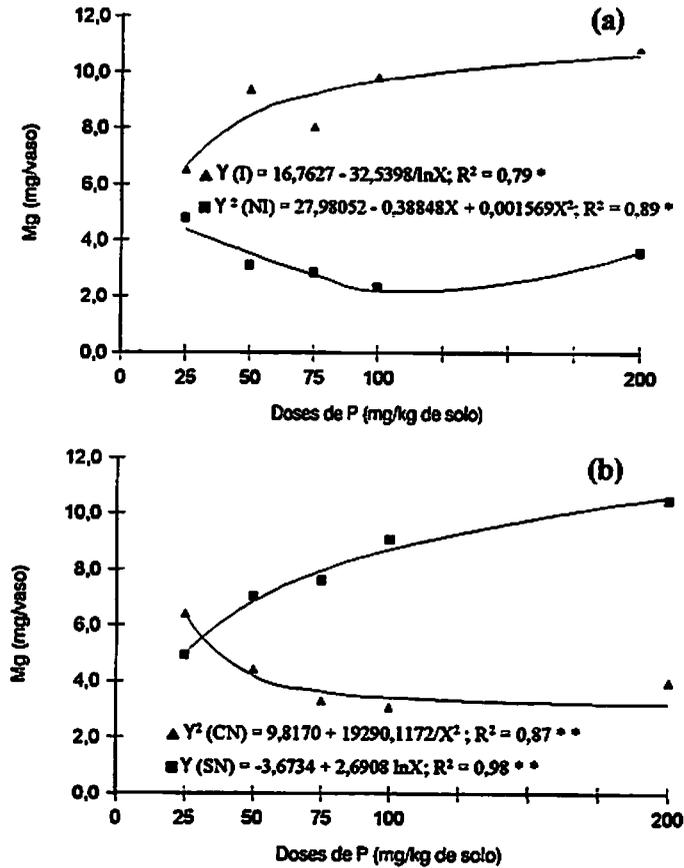


FIGURA 54. Quantidade acumulada de Mg na MSPA do amendoim forrageiro, no terceiro corte, em função das doses de P, para inoculado (I) e não inoculado (NI) (a); para aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b).

Os benefícios da associação micorrízica, como uma maior absorção de nutrientes, neste caso, foi bem mais eficiente em condições de ausência de N. Nesta circunstância, a micorrização permitiu um aumento de 4,8 vezes mais de Mg. Entre as plantas micorrizadas a aplicação de N representou uma redução de 2,6 vezes menos no conteúdo de Mg. Já entre as não micorrizadas o aumento de 31,5% no acúmulo de Mg proporcionado pelo N não foi significativo (Tabela 36).

TABELA 36. Quantidade acumulada de Mg na MSPA do amendoim forrageiro, no terceiro corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	Mg (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	4,92 aB	12,93 aA
Não Inoculado	3,55 aA	2,70 bA

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Ao final dos três cortes sucessivos, verificou-se que a quantidade total acumulada de Mg na MSPA do braquiário foi influenciada pelas doses de P, aplicação de N e pela interação entre ambos. Para o amendoim forrageiro, o conteúdo total de Mg na MSPA foi afetado pela inoculação e pelas interações P x N e I x N (Tabela 33).

A aplicação de N em cobertura proporcionou um aumento acentuado no acúmulo de Mg na MSPA do braquiário, em função da elevação das doses de P, quando comparadas com as plantas sem N. Por outro lado, o acúmulo de Mg na MSPA do amendoim forrageiro reduziu com a adubação nitrogenada (Figura 55).

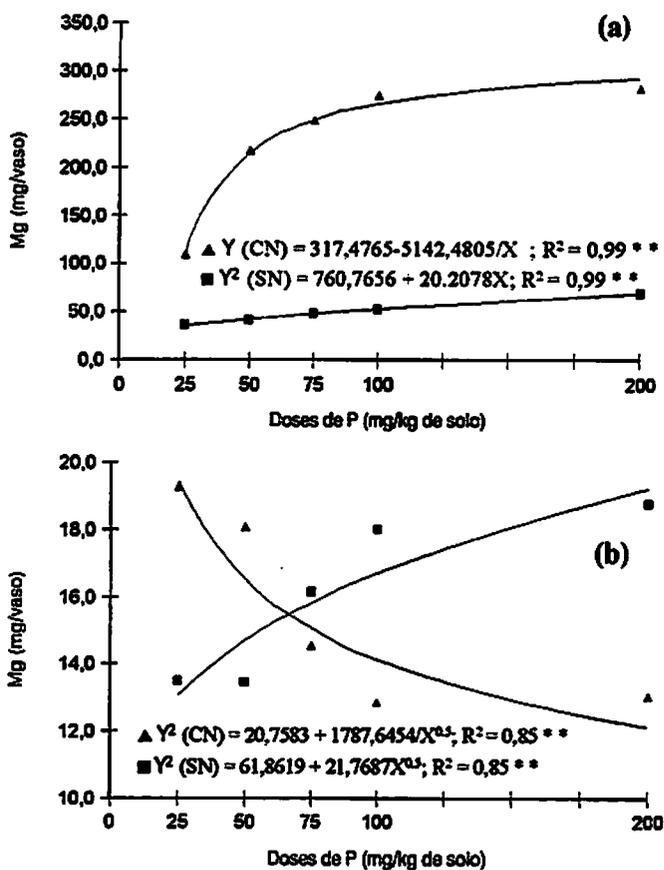


FIGURA 55. Quantidade total acumulada de Mg na MSPA do braquiarião (a) e do amendoim forrageiro (b), em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura.

Na ausência de N, as plantas de amendoim forrageiro micorrizadas foram as que mais acumularam Mg, cerca de 2,3 vezes mais em relação às não micorrizadas. No entanto, nas plantas cultivadas na presença de N, este aumento foi menor, 1,4 vezes mais de Mg (Tabela 37).

TABELA 37. Quantidade total acumulada de Mg na MSPA do amendoim forrageiro, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	Mg (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	18,14 aB	22,27 aA
Não Inoculado	12,98 bA	9,69 bA

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

4.5.6. Enxofre

O acúmulo de enxofre (S) na MSPA do braquiarião foi afetado significativamente pelas doses de P, aplicação de N e pela interação P x N nos três cortes; pela inoculação e sua interação com o P apenas no primeiro corte; pela interação I x N nos dois últimos cortes e pela interação P x I x N apenas no segundo corte. Para o amendoim forrageiro o efeito das doses de P só correu no último corte; da inoculação e da interação P x I x N nos dois primeiros cortes; do N nos dois últimos cortes; das interações P x I e I x N apenas no segundo corte e da interação P x N apenas no primeiro corte (Tabela 38).

As doses de P proporcionaram um aumento no conteúdo de S na MS do braquiarião, acompanhando a sua produção de MS. No entanto, esta resposta foi mais expressiva quando o P foi associado à aplicação de N ou à inoculação com o FMA *Glomus etunicatum*. As resposta destes fatores foram semelhantes (Figuras 56). De outra forma, o acúmulo de S encontrado foi bem menor que dos outros minerais avaliados.

Considerando-se que todas as proteínas vegetais têm S, visto que delas fazem parte aminoácidos com S (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997) e que um dos componentes primordiais da estrutura do aminoácido é o N, pode-se concluir que a adubação com N e P aumenta a absorção de S e, conseqüentemente, seu acúmulo na MSPA da planta.

Praticamente não há dados na literatura que permitem fazer algumas comparações sobre este efeito. Os trabalhos encontrados foram os de Falade (1975) e Hoffmann (1992). O primeiro autor citado, após estudar o efeito do P em cinco gramíneas tropicais (*P. maximum*, *A. gayanus*, *P. purpureum* roxo e verde, *Cynodon plectostachyus*), verificou-se que o acúmulo de S acompanhou a produção de MS. Hoffmann (1992) também encontrou resultados semelhantes para a braquiária e o colonião.

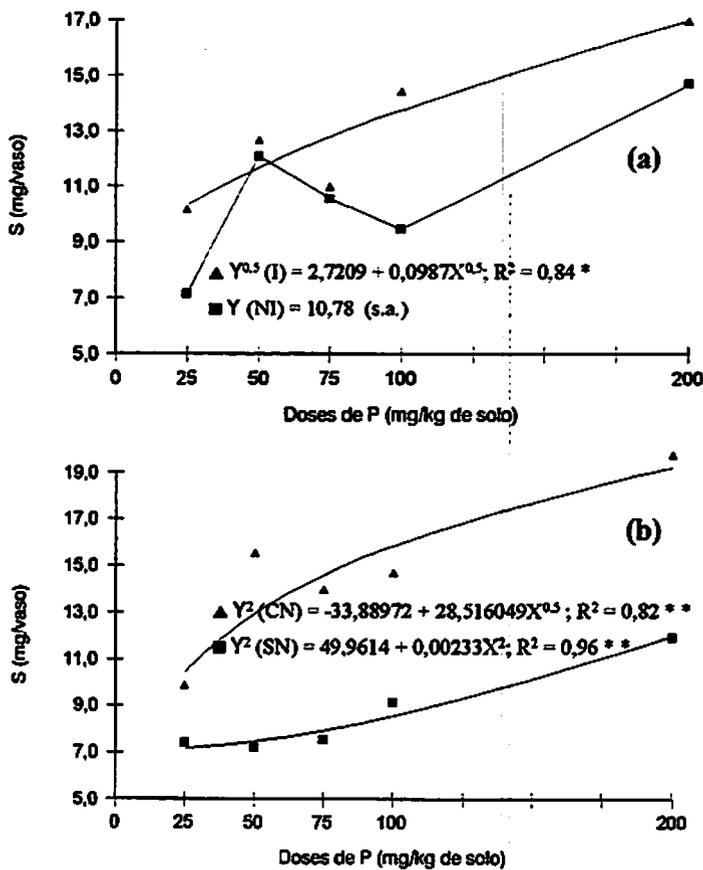


FIGURA 56. Quantidade acumulada de S na MSPA do braquiarião, no primeiro corte, em função das doses de P, para inoculado (I) e não inoculado (NI) (a); para aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura (b); sem ajuste (s.a.).

TABELA 38. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para quantidade acumulada de S (QAS) na MSPA do braquiarião e do amendoim forrageiro, em três cortes sucessivos e no total dos cortes, sob a influência de P, inoculação e N.

Fonte de Variação	QAS							
	Braquiarião				Amendoim Forrageiro			
	1º Corte	2º Corte	3º Corte	Total	1º Corte	2º Corte	3º Corte	Total
P	109,61**	37,89**	318,10**	1094,67**	9,65 ^{ns}	0,57 ^{ns}	63,59**	33,54 ^{ns}
I	102,31**	3,46 ^{ns}	1,57 ^{ns}	2,97 ^{ns}	32,24**	37,05**	5,66 ^{ns}	174,08*
N	854,97**	1456,24**	2938,86**	12246,79**	5,34 ^{ns}	2,47*	317,24**	438,00**
PxI	14,09*	3,19 ^{ns}	10,76 ^{ns}	85,73 ^{ns}	3,57 ^{ns}	3,65**	2,41 ^{ns}	31,99 ^{ns}
PxN	33,70**	16,58**	93,21**	364,87**	20,38**	1,09 ^{ns}	7,58 ^{ns}	84,15*
IxN	0,41 ^{ns}	13,09*	72,77**	31,05 ^{ns}	0,005 ^{ns}	45,00**	18,91 ^{ns}	41,66 ^{ns}
PxIxN	4,10 ^{ns}	6,19*	0,62 ^{ns}	46,60 ^{ns}	10,28*	1,39*	9,24 ^{ns}	18,73 ^{ns}
Resíduo	5,01	2,37	5,24	57,07	3,89	0,51	5,44	22,29
CV (%)	18,79	24,49	26,52	28,54	39,18	46,22	47,86	47,43
Média Geral	11,91	6,29	8,63	26,83	5,04	1,55	4,87	11,46

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns (não significativo).

Analisando-se os efeitos dos fatores estudados sobre o acúmulo de S na MSPA do amendoim forrageiro, observa-se que quando o P interage com a inoculação e/ou N há uma queda do acúmulo de S nas menores doses de P e posterior aumento nas doses mais elevadas. Porém, nas plantas controle ocorreu o inverso (Figura 57).

A inoculação, bem como as altas doses de P utilizadas e o fato do N estimular a absorção e translocação de P (Cole et al., 1963), podem explicar este decréscimo de S, já que o P seria mais competitivo que o S pelos sítios de absorção.

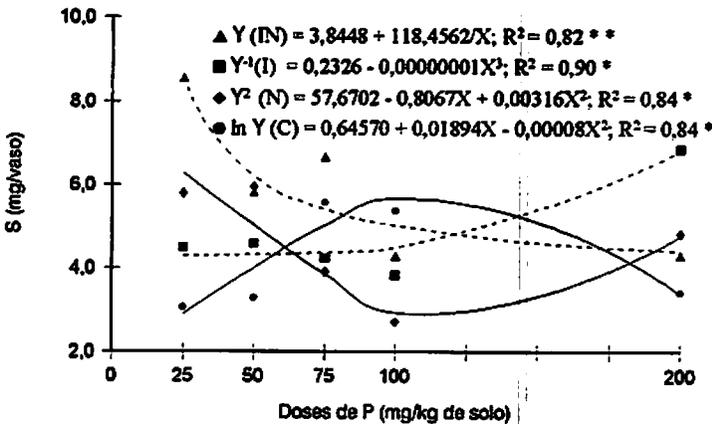


FIGURA 57. Quantidade acumulada de S na MSPA do amendoim forrageiro, no primeiro corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C).

No segundo corte os maiores acúmulos de S na MSPA do braquiarião foram favorecidos pela inoculação e pela aplicação de N, sendo que a micorrização proporcionou um aumento no acúmulo de S até nas doses elevadas de P, o mesmo não ocorrendo com as plantas que receberam apenas o N. No entanto, observou-se que o principal fator responsável pelo aumento de S foi o

N, uma vez que as plantas que foram apenas inoculadas acumularam muito menos S, semelhantemente as plantas controle (Figura 58).

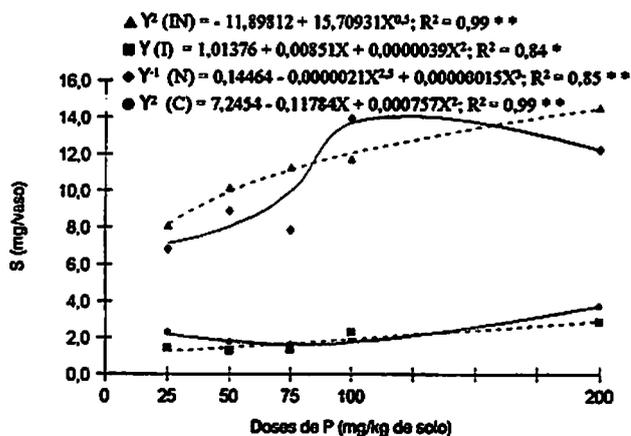


FIGURA 58. Quantidade acumulada de S na MSPA do braquiarião, no segundo corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C).

Baseando-se nos resultados encontrados e apresentados na Figura 59, verificou-se que a presença do N inibiu a associação micorrízica com o amendoim forrageiro, pois observou-se que as plantas que foram inoculadas e não receberam o N acumularam maiores conteúdos de S.

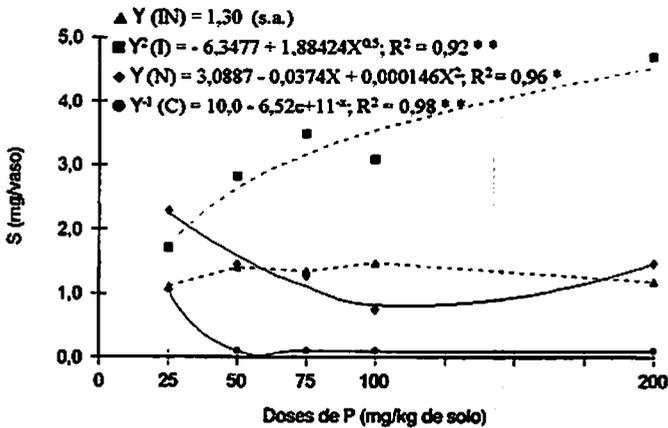


FIGURA 59. Quantidade acumulada de S na MSPA do amendoim forrageiro, no segundo corte, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C); sem ajuste (s.a.).

O conteúdo de S na MSPA do braquiarião, no terceiro corte, foi superior aos demais cortes em decorrência da maior produção de MS neste período. Neste corte ficou evidenciado um maior acúmulo de S em função das doses de P, tanto para o braquiarião como para o amendoim forrageiro. No entanto, a presença do N associado ao P, na gramínea, promoveu maiores conteúdos de S (Figuras 60 e 61). O mesmo não ocorreu com a leguminosa, que apresentou redução no acúmulo de S na MS de 2,4 vezes, nas plantas com N em relação às cultivadas na sua ausência (Tabela 39). Resultados semelhantes foram encontrados por Hoffmann (1992) na braquiária e no colômbio.

TABELA 39. Quantidade acumulada de S na MSPA do amendoim forrageiro, no terceiro corte, em função da aplicação de N em cobertura.

Tratamento	S (mg/vaso)
Com N	2,88 a
Sem N	6,87 b

* Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F ($P < 0,01$).

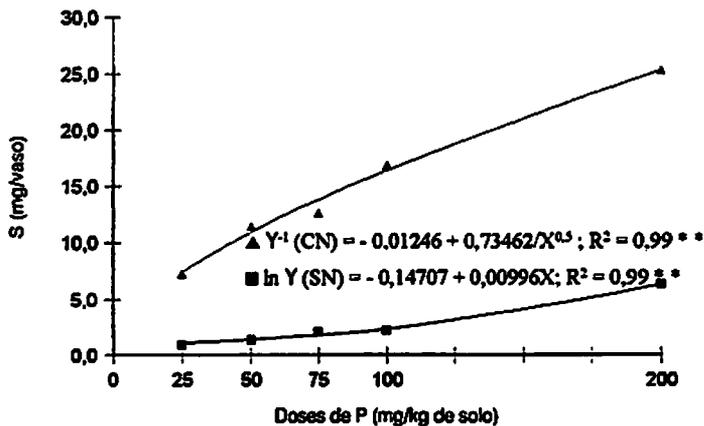


FIGURA 60. Quantidade acumulada de S na MSPA do braquiarião, no terceiro corte, em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura.

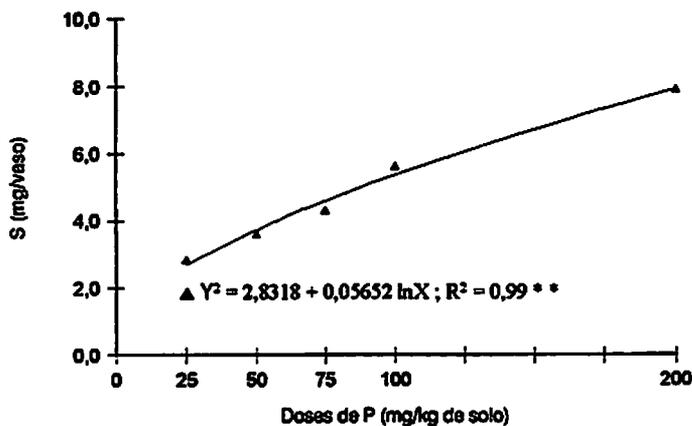


FIGURA 61. Quantidade acumulada de S na MSPA do amendoim forrageiro, no terceiro corte, em função das doses de P .

Através do desdobramento da interação IxN (Tabela 40), pôde-se constatar que a adubação nitrogenada foi decisiva no aumento do conteúdo de S na MS do braquiarião. O N promoveu um acréscimo médio de 5,7 vezes no

acúmulo de S. Na ausência de N as plantas micorrizadas apresentaram uma redução de 92,6% de S em relação às não micorrizadas.

TABELA 40. Quantidade acumulada de S na MSPA do braquiarião, no terceiro corte, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	S (mg/vaso)	
	Com N	Sem N
Inoculado	15,79 aA	1,76 bB
Não Inoculado	13,60 bA	3,39 aB

* Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúsculas na linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O conteúdo total de S na MSPA do braquiarião, após três cortes sucessivos, foi influenciado pelas doses de P, aplicação de N e pela interação entre ambos. Para o amendoim forrageiro, o acúmulo de S na MSPA foi afetado pela inoculação, pela aplicação de N e pela interação P x N (Tabela 38).

Assim como ocorreu para os acúmulos de N, P, K, Ca e Mg, o conteúdo de S também aumentou com a adubação nitrogenada, no braquiarião, enquanto do amendoim forrageiro este acúmulo diminuiu (Figura 62). Por outro lado, as plantas inoculadas de amendoim forrageiro acumularam 34,7% de S a mais que as não inoculadas (Tabela 41).

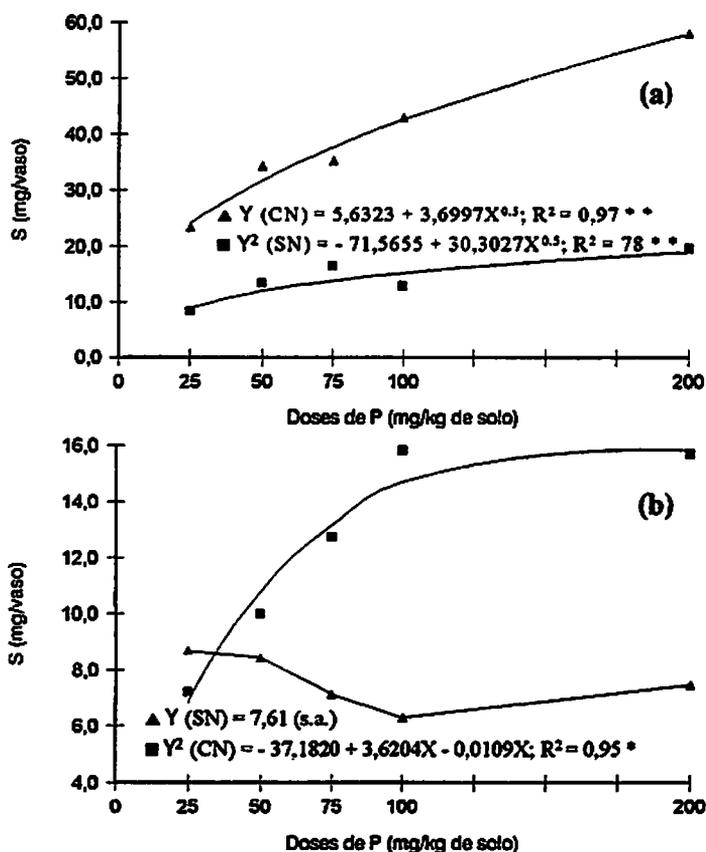


FIGURA 62. Quantidade total acumulada de S na MSPA do braquiário (a) e do amendoim forrageiro (b), em função das doses de P e da aplicação (CN) ou não (SN) de N em cobertura; sem ajuste (s.a.).

TABELA 41. Quantidade total acumulada de S na MSPA do amendoim forrageiro, em função da inoculação com *Glomus etunicatum*.

Tratamento	S (mg/vaso)
Inoculado	11,43 a
Não Inoculado	8,48 b

* Médias seguidas de letras diferentes, diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

4.6. Colonização Micorrízica, Densidade de Esporos no Solo e Peso de Nódulos Secos.

As doses de P, a inoculação, a aplicação de N e a interação IxN influenciaram significativamente a taxa de colonização micorrízica das raízes do braquiarião. Para o amendoim forrageiro, a taxa de colonização das raízes foi afetada pelas doses de P e as interações PxI, PxN e PxIxN (Tabela 42).

TABELA 42. Resumo da análise de variância (quadrados médios) para taxa de colonização micorrízica das raízes do braquiarião (TCB) e do amendoim forrageiro (TCA), densidade de esporos no solo (DES) e peso de nódulos secos (PNS), sob a influência de P, inoculação e N.

Fonte de Variação	TCB	TCA	DES	PNS
P	1069,56**	1578,12**	5,34**	0,01**
I	1133,30**	40,41 ^{ns}	128,97**	0,13**
N	2433,14**	512,86 ^{ns}	3,99 ^{ns}	0,08**
PxI	401,23 ^{ns}	1260,41**	4,31 ^{ns}	0,002*
PxN	151,84 ^{ns}	836,84**	2,02 ^{ns}	0,002*
IxN	956,92*	784,57 ^{ns}	15,48**	0,05*
PxIxN	61,95 ^{ns}	795,34*	2,15 ^{ns}	0,002*
Resíduo	191,10	243,86	1,27	0,001
CV (%)	32,22	45,22	27,60	36,78
Média Geral	42,90	34,22	4,09	0,06

* (P<0,05); ** (P<0,01); ns (não significativo).

O comportamento do TCB em função das doses de P pode ser visto na Figura 63; nota-se que houve um decréscimo da colonização com o aumento das doses de P, com um valor máximo da TCB 56,6% com uma dose de P de 36,0 mg de P/kg de solo. Embora as raízes do braquiarião tenham apresentado uma maior percentagem de colonização, este fato não refletiu nas variáveis estudadas.

Powel (1977), citado por Lopes et al. (1983), também verificou que a magnitude de resposta do trevo-branco à inoculação com fungos MVA, expressa em termos de produção de MS, não se correlacionou com a colonização.

Nem sempre a colonização micorrízica se correlaciona com a expressão fenológica do hospedeiro, quer na acumulação de MS e/ou na absorção de P. Isto provavelmente ocorre por não se considerar as trocas metabólicas fungo-hospedeiro (Smith e Gianinazzi-Pearson, 1988), o potencial de produção de hifas extramatriciais do fungo que aumentam a área de absorção de nutrientes das raízes das plantas (Mosse, 1972) e as próprias condições edáficas que dificultam ou facilitam o estabelecimento e o funcionamento da simbiose.

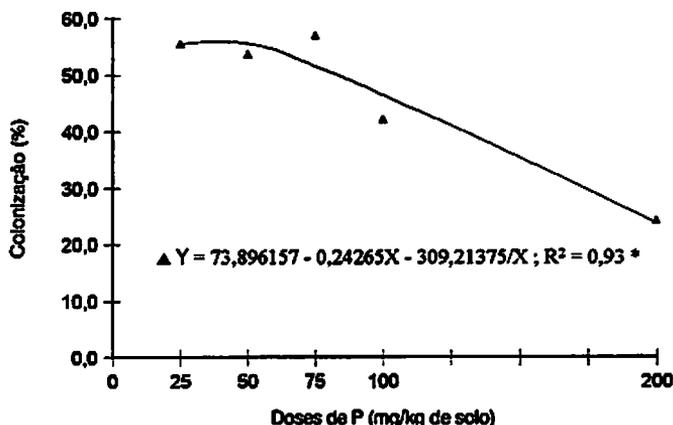


FIGURA 63. Taxa de colonização micorrízica das raízes do braquiarião, em função das doses de P.

Siqueira e Franco (1988), Douds et al. (1998) e Abbott, Robson e De Boer (1984) afirmam que elevadas doses de P podem reduzir a colonização micorrízica. No entanto, é o teor do elemento no tecido das plantas e não na solução do solo que inibe a colonização micorrízica (Menge et al., 1978; Daniel e Trappe, 1980).

O braquiarião apresentou uma maior colonização das raízes que o amendoim forrageiro, obtendo-se valores médios de 39,86% (Tabela 43) e 34,2% (Figura 64), respectivamente.

TABELA 43. Taxa de colonização micorrizica das raízes do braquiarião (TCB), em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	TCB (%)	
	Com N	Sem N
Inoculado	43,38 a	36,35 a
Não inoculado	-	-

* Médias seguidas por letras diferente, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

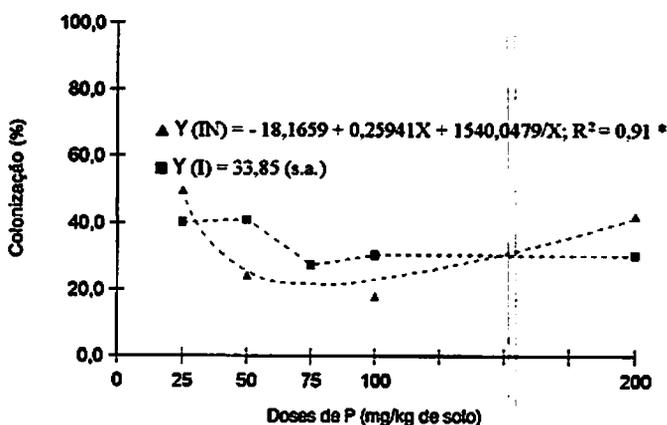


FIGURA 64. Taxa de colonização micorrizica das raízes do amendoim forrageiro, em função das doses de P, para inoculado, com N (IN) e inoculado, sem N (I); sem ajuste (s.a.).

Verifica-se (Tabela 43) que não houve diferença significativa entre presença e ausência de N, nas plantas inoculadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Bressan (1996), trabalhando com sorgo e soja. Contrastando com os resultados do presente trabalho, Fernandes et al. (1987) mostraram que a

soja apresentou maior colonização micorrízica que o milho. Esta heterogeneidade de resultados sugere a existência de uma diferenciação entre as espécies de uma mesma família quanto à utilização do P e a sua influência na colonização das raízes por fungos micorrízicos.

Segundo Ratnayke, Leonard e Menge (1978), pequenos aumentos de P nos tecidos da planta podem levar a grandes decréscimos na exsudação de açúcares redutores e aminoácidos solúveis, causando uma redução da colonização das raízes por fungos micorrízicos.

Siqueira et al. (1994), avaliando o efeito do P na formação da associação micorrízica em soja, verificaram que a adição de P reduziu significativamente a percentagem de colonização, a quantidade de raiz colonizada e também a produção de esporos. Assim, estes autores concluíram que a colonização de raízes por FMA's nessa planta seria controlada pelo metabolismo de carboidratos do hospedeiro, que, por sua vez seria influenciado pela nutrição fosfatada.

A densidade de esporos no solo (DES) utilizada para o cultivo do braquiário e o amendoim forrageiro em consórcio foi significativamente influenciada pelas doses de P, pela inoculação com FMA *Glomus etunicatum* e pelas interações P x I e I x N (Tabela 42).

Observou-se que a DES apresentou um comportamento quadrático em função das doses de P. O número máximo estimado de esporos recuperados neste solo, foi de 242,6 esporos/50 ml de solo, obtidos com a dose de 91,5 mg de P/kg de solo, o que representa menos da metade da dose de P máxima aplicada. Após esta dose ocorreu um declínio substancial na DES (Figura 65). Menge et al. (1978) também verificaram um decréscimo no número de esporos e do grau de infecção das raízes com o aumento do conteúdo de P no tecido vegetal.

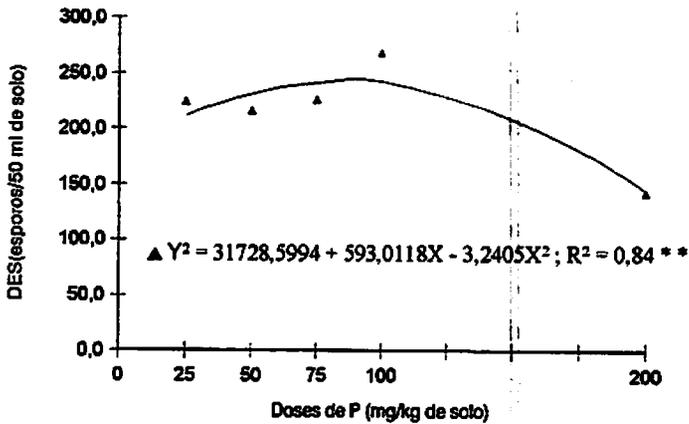


FIGURA 65. Densidade de esporos no solo (DES), em função das doses de P e da inoculação com *Glomus etunicatum*.

No estudo da inoculação e nitrogênio (IxN) N foi observado que a inoculação foi um fator preponderante na densidade de esporos no solo utilizado no consórcio, o que era de se esperar. No entanto, a aplicação de N reduziu a esporulação em cerca de 35,3% em relação ao solo sem N (Tabela 44).

Estes resultados são diferentes dos obtidos por Bressan (1996), que ao estudar esta variável para o consórcio de sorgo e soja, concluiu que a aplicação de N aumentou a produção de esporos no solo em todos os níveis de P, para ambas as espécies.

TABELA 44. Densidade de esporos no solo (DES), em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	DES (esporos/50 ml de solo)	
	Com N	Sem N
Inoculado	169,76 b	262,22 a
Não inoculado	-	-

* Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os efeitos das doses de P, inoculação com FMA *Glomus etunicatum* e aplicação de N em cobertura sobre o peso de nódulos secos (PNS) das raízes do amendoim forrageiro estão na Tabela 42. Todos os fatores, bem como suas interações, influenciaram significativamente o peso de nódulos secos.

As plantas de amendoim forrageiro micorrizadas, tanto na presença como na ausência de N, apresentaram um maior PNS, porém aquelas que não receberam N tiveram nódulos mais pesados ou em maior número, indicando que o elevado teor de N inibiu ou então reduziu a nodulação (Figura 66). Através destes resultados pôde-se verificar, também, uma evidente interação entre a micorriza e o rizóbio. Observou-se que o tratamento com inoculação e sem nitrogênio apresentou um comportamento diferente dos demais, com uma tendência de aumento no PNS com o incremento das doses de P. Já, para a inoculado e com N (IN) apresentou uma performance quadrática com o máximo de PNS (0,059g/2plantas) na dose de 62 mg de P/kg de solo. (Ying et al. (1992), em estudos sobre a influência do N na nodulação, também encontraram que o N pode inibir a nodulação ou, dependendo da dose de N aplicada, apenas reduzir o PNS.

A adição de P e a inoculação com *Glomus etunicatum* facilitaram a produção de massa nodular, evidenciando o efeito sinérgico de P na simbiose amendoim forrageiro – *Bradyrhizobium* – *Glomus etunicatum*, principalmente em condições de solo com baixa disponibilidade de P e N, como ocorre nos solos sob vegetação de cerrado. Como afirmam Smith e Gianinazzi-Pearson (1988), os efeitos da inoculação são mais pronunciados em solos com baixa disponibilidade de nutrientes.

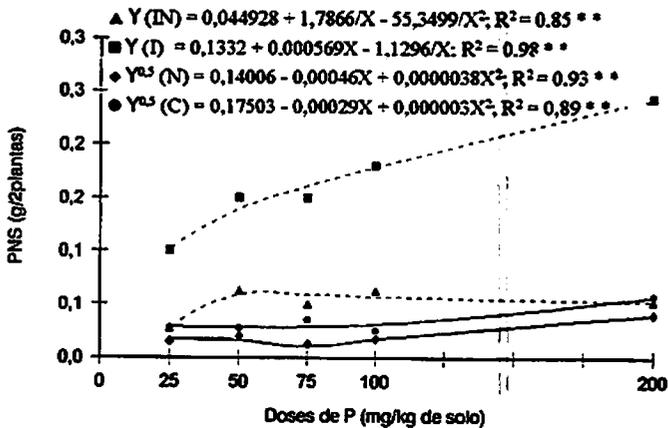


FIGURA 66. Peso de nódulos secos (PNS), em função das doses de P, para inoculado, com N (IN); inoculado, sem N (I); não inoculado, com N (N) e não inoculado, sem N (C).

Trabalhos realizados por Crush (1974) também demonstraram que a micorrização estimula a nodulação de *Centrosema pubescens*, *Stylosanthes guianensis*, *Trifolium repens* e *Lotus pedunculatus* e que plantas não micorrizadas apresentavam taxas menores de fixação de N₂.

Bonetti (1984), ao avaliar o efeito de MVA na nodulação, crescimento e absorção de P e N em siratro (*Macroptilium atropurpureum*), constatou que a micorriza favoreceu o peso e o número de nódulos. Também, Lopes et al. (1980) e Mosse (1981) observaram que a colonização com fungo micorrizico é necessária para a nodulação de siratro em solos tropicais. Esse efeito benéfico na nodulação pode estar associado ao melhor estado nutricional apresentado pela planta infectada por fungos micorrizicos.

O P provavelmente é o nutriente de maior importância para o crescimento e efetiva nodulação da leguminosa hospedeira (Gibson, 1976), uma vez que a fixação de N₂ pelo *Rhizobium* específico é um processo que requer

grande quantidade de energia na forma de ATP (Ljones, 1974, citado por Peres, Vargas e Suhet, 1984).

4.7. Considerações Gerais

As doses de P, a inoculação com FMA *Glomus etunicatum* e a aplicação de N em cobertura exerceram influência significativa na produção de MSPA e das raízes, teores de FDN e FDA, nas quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg e S e nas taxas de colonização micorrízica das raízes do braquiário e do amendoim forrageiro, bem como na densidade de esporos no solo e no peso de nódulos secos do amendoim forrageiro.

A produção de MSPA do braquiário e do amendoim forrageiro aumentou com a elevação das doses de P nos três cortes e no total dos cortes; no entanto, a percentagem de participação da leguminosa no consórcio reduziu com a elevação das doses de P. Este efeito tornou-se mais evidente quando estas foram cultivadas na presença de N. Certamente, a adubação nitrogenada proporcionou à gramínea maiores benefícios em termos de aumento da competitividade por nutrientes, luz e água, conforme observado Follet e Wilkinson (1995).

Por outro lado, a produção de MSPA do amendoim forrageiro reduziu nos três cortes efetuados e no total deles, quando recebeu a aplicação de N em cobertura, afetando sua permanência no consórcio, porém aumentando o rendimento de MS das raízes. A adição de doses crescentes de P, por sua vez, não exerceu influência nesta variável.

A qualidade da forragem do braquiário foi prejudicada com a elevação das doses de P, pois aumentou os teores de FDN e de FDA, provavelmente por provocar uma maturidade precoce das plantas forrageiras. Segundo Van Soest

(1994), à medida que as plantas amadurecem, apresentam um aumento no teor de fibra, resultando em queda nos valores de digestibilidade da MS.

Para o amendoim forrageiro não se observou uma tendência definida dos teores de FDN e de FDA na MSPA, em função das doses crescentes de P. O mesmo não ocorreu com relação à inoculação, pois nos dois primeiros cortes, para ambas as espécies, observou-se um aumento nos teores de fibras. Já no terceiro corte a inoculação promoveu uma redução destes teores, embora o mesmo tenha sido realizado com um maior intervalo de tempo.

A adubação nitrogenada proporcionou um aumento nos teores de FDN, com exceção do terceiro corte para o braquiarião e dos dois primeiros cortes para o amendoim forrageiro. Com relação aos teores de FDA, a inoculação favoreceu o seu aumento nos dois últimos cortes e redução no primeiro, para o braquiarião e para o amendoim forrageiro. Já o N reduziu o teor de FDA no primeiro corte, aumentou no segundo corte e não influenciou no terceiro corte do braquiarião. Para o amendoim forrageiro, a adubação nitrogenada diminuiu os teores de FDA em todos os cortes, melhorando, desta forma, seu valor nutritivo.

A adubação fosfatada ao proporcionar um incremento no rendimento de MSPA, favoreceu o aumento nos conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S na MSPA do braquiarião, nos três cortes, com exceção do K nos dois últimos cortes. Fato semelhante, aconteceu com a adubação nitrogenada, porém, também aumentou o acúmulo de K nos cortes supracitados, caracterizando-se como o principal fator na melhoria da qualidade desta gramínea.

Por sua vez, a inoculação permitiu, também, um aumento na produção de MSPA e conseqüentemente um incremento de P, K, Ca, Mg e S, e, no entanto, redução de N, no primeiro corte; um aumento apenas de S e diminuição do conteúdo de N, P e K no segundo corte e um incremento de P, com redução de N e K, no terceiro corte. No entanto, não se observou influência da

inoculação no conteúdo de Mg nos dois últimos cortes e do S no terceiro corte, embora tenha exercido influência na produção de MSPA aumentando-a.

Para o amendoim forrageiro, verificaram-se respostas diferentes aos tratamentos aplicados. Ao contrário do que ocorreu com o braquiarião, a adubação nitrogenada prejudicou a participação da leguminosa no consórcio, deprimindo sua produção e, conseqüentemente, seu acúmulo de minerais. Mesmo assim, a adubação nitrogenada ocasionou um aumento no conteúdo de N, Ca e Mg no primeiro corte; N e K no segundo corte e redução de N, P, K, Ca e Mg no terceiro corte.

Ao final do terceiro corte, ao obter-se a quantidade total acumulada dos minerais, observou-se que a adubação fosfatada proporcionou uma melhoria do valor nutritivo do braquiarião e do amendoim forrageiro no que diz respeito ao aumento no seu conteúdo de minerais, imprescindíveis para uma adequada nutrição dos animais (Corsi e Silva, 1994).

A adubação nitrogenada, conquanto, influenciou positivamente o acúmulo de minerais na MSPA do braquiarião, causou o seu decréscimo na MSPA do amendoim forrageiro. Este, no entanto, foi beneficiado pela inoculação com o FMA *Glomus etunicatum*, que desempenhou o mesmo papel da adubação nitrogenada na gramínea.

Para a gramínea, a inoculação exerceu pouca influência positiva no acúmulo total de minerais pois reduziu o conteúdo de N, aumentou o de P e K (na ausência de N) e não influenciou o conteúdo de Ca, Mg e S.

Estes resultados permitiram concluir que o braquiarião apresentou dependência micorrízica insignificante (5,1%), enquanto o amendoim forrageiro foi considerando de alta dependência micorrízica, particularmente na ausência de N, 63,5%, e 35,1%, na presença de N.

O aumento na aquisição de P pelas plantas micorrizadas em relação às não micorrizadas é comum (Clark, 1997). Já o aumento na aquisição de outros

minerais ocorre freqüentemente, tanto pelo aumento da área de exploração radicular, por partes das hifas (Marschner e Dell, 1994), como pela mobilização lenta dos nutrientes disponíveis ou pela liberação de exsudados (Ae et al., 1996).

A colonização e a densidade de esporos no solo foram reduzidas com as doses elevadas de P, fato amplamente citado na literatura (Abbott, Robson e De Boer, 1984; Paula e Siqueira, 1987; Siqueira e Franco, 1988; Antonioli e Kaminski, 1991; Siqueira et al., 1994; Douds et al., 1998). Para o amendoim forrageiro, além das doses elevadas de P, a aplicação de N também inibiu a colonização radicular.

O peso de nódulos secos (PNS), entretanto, aumentou com a elevação das doses de P e com a inoculação com o FMA *Glomus etunicatum* e reduziu com a aplicação de N, provavelmente em decorrência da grande dependência da fixação biológica de N₂ pelo P para o crescimento e efetiva nodulação da leguminosa hospedeira (Gibson, 1976). Há de se considerar também que a aplicação de N pode inibir a nodulação ou, dependendo do teor de N aplicado, apenas reduzir o PNS (Ying et al., 1992).

Dessa forma, os resultados do presente trabalho permitiram concluir que a presença do amendoim forrageiro melhorou substancialmente a qualidade da forragem oriunda deste consórcio, embora tenha produzido relativamente pouco, tanto pela sua capacidade ímpar de fixar N atmosférico como de formar simbiose com fungos micorrízicos arbusculares que são altamente especializados e eficientes, em condições adequadas, no aumento da absorção de minerais e outros benefícios de grande relevância na sustentabilidade do agroecossistema pastagens, bem como dos fatores que dele dependem.

5. CONCLUSÕES

1. A adubação com P e N favorece o braquiário e reduz a participação do amendoim forrageiro no consórcio.
2. A adubação fosfatada e nitrogenada e a inoculação proporcionam o aumento na produção de MS da parte aérea do braquiário e do amendoim forrageiro.
3. A adubação nitrogenada melhora o valor nutritivo da forragem, diminuindo os teores de FDN e de FDA, bem como aumentando as quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg e S, principalmente do braquiário.
4. A adubação fosfatada provoca um decréscimo na qualidade da forragem do braquiário e do amendoim forrageiro, aumentando os seus teores de FDN e de FDA. Entretanto, favorece uma melhoria na qualidade destas, aumentando o conteúdo de minerais.
5. A inoculação com fungos micorrízicos e com rizóbio proporcionam uma melhoria do valor nutritivo do amendoim forrageiro, aumentando o seu conteúdo de minerais.
6. O braquiário apresenta uma baixa dependência micorrízica, enquanto o amendoim forrageiro tem alta dependência micorrízica, principalmente na ausência de N.
7. A presença do amendoim forrageiro melhora a qualidade da forragem do consórcio, apesar de sua pequena participação na MS total.

8. Adubações fosfatadas intensas reduzem os benefícios oriundos da associação micorrízica, pois reduzem a taxa de colonização de ambas as espécies e a densidade de esporos no solo.
9. A adubação fosfatada e a micorrização aumentam o peso de nódulo secos do amendoim forrageiro.
10. A adubação com P e N favorece a produção de MS da raiz do braquiário enquanto a micorrização a do amendoim forrageiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Infectivity of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils. *Australian Journal of Agriculture of Research*, Melbourne v.33, p.1049-1059, 1982.
- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D.; DE BOER, G. The effect of phosphorus on the formation of hyphae in soil by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus etunicatum*. *New Phytologist*, Cambridge, v. 97, n. 3, p. 437-446, 1984.
- Ae, N. OTANI, T.; MAKINO, T.; TAZAWA, J. Role of cell wall of groundnut roots in solubilizing sparingly soluble phosphorus in soil. *Plant and Soil*, The Hague, v. 186, p.197-205, 1996.
- ALVES, S.J.; DIAS, M.C.L. de L.; LOLLATO, M. A.; SÁ, J.P.G. Germinação de sementes de *Arachis pintoi*. Efeito de substrato, da presença do pericarpo e do tratamento com fungicida. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. Anais ... Juiz de Fora: SBZ, 1997, p.323-325.
- ALVIM, M.J.; MARTINS, C.E.; BOTREL, M.A.; COSER, A.C. Efeito da fertilização nitrogenada sobre a produção de matéria seca e teor de proteína bruta do azevém (*Lolium multiflorum* Lam), nas condições da Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.16, n.6, p.606-614, 1987.
- AMES, R.N.; PORTER, L.K.; ST. JOHN, T.V.; REID, C.P.P. Nitrogen sources on 'A' values for vesicular-arbuscular and mycorrhizal sorghum grown at three rates of ^{15}N - ammonium sulphate, *New Phytologist*, Cambridge, v.97, p.269-276, 1984.
- ANDREW, C.S.; ROBINS, M.F. The effect of phosphorus on the growth, chemical composition, and critical phosphorus percentages of some tropical pastures grasses. *Australian Journal of Agriculture of Research*, Melbourne, v.22, n.2, p.693-706, 1971.
- ANTONIOLLI, Z.I.; KAMINSKI, J. Micorrizas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.21, n.3, p.441-455, 1991.

- A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS.
Official methods of analysis. 15 ed. Virginia: 1990, v.1, 648p.
- ASAWA, N.M.; RAMIREZ, C.A. Metodologia para la inoculación y siembra de *Arachis pintoi*. Pastures Tropicales, Cali, v. 11, n.1, p.24-26. 1992.
- ASSIS, M.A.; CECATO, U.; SANTOS, G.T.; GOMES, H.L. et al. Composição química e digestibilidade *in vitro* de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas ou não a adubação nitrogenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. Anais ... Botucatu:SBZ, 1998, p.348-350.
- BAGYARAJ, D.J. Biological interactions with VA mycorrhizal fungi. In: PAWEL C.L. VA Mycorrhiza, Boca Raton: CRC Press. Inc., 1984. Cha. 7. p.131-153.
- BARCELLOS, A.O.; VILELA, L. Leguminosas forrageiras tropicais: estado de arte e perspectivas futuras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá, Anais... Maringá: EDUEM. 1994. p.168.
- BAREA, J.M.; AZCÓN - AGUILAR, C. Mycorrhiza and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. Advances in Agronomy, New York, v.36, p.1-54. 1983.
- BAREA, J.M.; AZCÓN, R.; AZCÓN-AGUILAR, C. Time-course of N₂ (¹⁵N) fixation in the field by clover growing alone or in mixture with ryegrass to improve pasture productivity, and inoculated with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytologist., Cambridge, v. 112. p.399-404. 1989.
- BARUCH, Z.; FISHER, M.J. Effect of planting method and soil texture on the growth and development of *Arachis pintoi*. Tropical Grasslands, Brisbane, v.30, p.395-401. 1996.
- BERTHLENFALVAY, G.J.; REYES-SOLIS, M.G.; CAMEL, S.B.; FERRERA-CERRATO, R. Nutrient transfer between the root zones of soybean and maize plants connected by a common mycorrhizal mycelium. Plant Physiology, Cambridge, v.82, p.423-432, 1991.

- BLANCHAR, R.W.; REHM, G.; CALDEWELL, A.C.** Sulfur in plant materials by digestion with nitric and perchloric acid. *Soil Society of America Proceedings*, Madison, v.29, n.1, p.71-72, Jan. 1965.
- BODDEY, R.M.; ALVES JUNIOR, B.; URQUAGA, S.** Nitrogen cycling and sustentability of improved pasture in the Brazilian Cerrados. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, 8, 1996. Brasília, Anais ... Brasília, p.33-38, 1996.
- BOGDAN, A.V.** *Tropical pastures and fodder plants*. London: Longman, 1977. 475p.
- BOIN, C.** Produção animal em pastos adubados. In: **MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E.** (ed.). *Calagem e adubação de pastagens*. Piracicaba: POTAFOS, 1986, p.386-419.
- BOLAN, N.S.** A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil*, The Hague, v.134, n.2, p.189-207, July, 1991.
- BOLAN, N.S.; ROBSON, A.D. BARROW, N.J.** Effects of VA mycorrhizas on the availability of iron phosphates to plants. *Plant and Soil*, The Hague, v. 99, n. 2-3, p.401-410, 1987.
- BOLLER, B.C.; NOSBERGER, J.** Symbiotical fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of ^{15}N fertilization. *Plant and Soil*, The Hague, v.104, n.1, p. 209-226, 1987.
- BONETTI, R.** Efeito de micorrizas arbusculares na nodulação, crescimento e absorção de fósforo e nitrogênio em siratro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.8, p.189-192, 1984.
- BONFANTE, P.; PEROTTO, S.** Plants and endomycorrhizal fungi: the cellular and molecular basis of their interaction. In: **VERNA, D. P. S.** (ed.) *Molecular Biology in Plant - Microbe Communications*. Boca Raton: CRC Press, 1992. p.445-470.
- BOTREL, M.A.; ALVIM, M.S.; MOZZER, O.L.** Fatores de adaptação de espécies forrageiras. *Curso de Pecuária Leiteira*. Coronel Pacheco, EMBRAPA - CNPGL. 21p. 1990. (Série Documentos, 33).

- BRESSAN, W. Micorriza, fósforo e nitrogênio no sorgo e soja consorciados. Lavras: UFLA, 1996, 160p. (Tese de Doutorado em Agronomia).
- BUWALDA, J.G.; GOH, K.M. Host - fungus competition for carbon as a cause of growth depressions in vesicular - arbuscular mycorrhizal regrass. *Soil Biology and Biochemistry*, Elmford, v. 14, n.1, p.103-106. 1982.
- CARDOZO, C.I.; FERGUSON, J.E. Producción de semilla de *Arachis pintoi* cv. Mani Forragjero Perenne associado com cultivos de maiz y frijól. *Pasturas Tropicales*, Boletim Informativo, Cali, v, 17, n.3, p.33-37. 1995.
- CARVALHO, M.M.; SARAIVA, O.F. Resposta do capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) a aplicações de nitrogênio em regime de cortes. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 16, n. 5, p.442-445. 1987.
- CASSMAN, K.G.; WHITNEY, A.S.; FOX, R.L. Phosphorus requirements of soybean and cawpea as affected by mode of N nutrition. *Agronomy Journal*, Madison, v. 73, p.17-22, 1981.
- CECATO, U.; GOMES, L.H.; ASSIS, M.A.; SANTOS, G.T. BETT, V. Avaliação de cultivares do gênero *Cynodon*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, Fortaleza. Anais ... Fortaleza: SBZ, 1996, p.114-116.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe anual del programa de pastos tropicales, 1985. Cali, Colômbia, 1982. 302p. Fertilidade del suelo y nutrición de las plantas. p.171-194.
- CHAGAS, D. Influência do fungo micorrízico vesículo-arbuscular *Glomus macrocarpum* (Gerdemann e Trappe, 1974) sobre a nutrição fosfatada de quatro gramíneas forrageiras. Viçosa: UFV, 1990. 53p. (Tese de Doutorado).
- CLARK, R.B. Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization and host plant growth and mineral acquisition at low pH. *Plant and Soil*, The Hague, v.159, p.89-102, 1997.
- COLE, C.V.; GRUNES, D.L.; PORTER, L.K.; OLSEN, S.R. The effects of nitrogen on short-term phosphorus absorption and translocation in corn (*Zea mays*). *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.27, p.671-674, 1963.

- COOK, B.G.; WILLIAMS, R.J.; WILSON, G.P. Register of australian plant cultivars. B. Legumes. 21. *Arachis*. (a) *Arachios pinto* Krap. Et Greg. Nom. nud. (Pinto peanut) cv Amarillo. Australian Journal of Experimental Agriculture, Melbourne, v.30, p.445-446, 1990.
- COOPER, K.M. Growth responses to the formation of endotrophic mycorrhizal in *Solanum leptospermum* and New Zealands ferns. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. (eds). Endomycorrhizas. New York: Academic Press, 1975. p.397-407.
- CORREA, L.A. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de *B. decumbens* Stapf, *B. brizantha* (Hochst.) Stapf. Cv. Marandu e *P. maximum* Jacq., em latossolo vermelho-amarelo, álico. Piracicaba: ESALQ, 1991. 83p. (Dissertação de Mestrado).
- CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.; SANTOS, P.M.; SILVA, S.C. Bases para o estabelecimento do manejo de pastagens de braquiárias. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11, 1994. Piracicaba. Anais ... Piracicaba: FEALQ, 1994. p.249-266.
- CORSI, M.; SILVA, R.T.de L. Fatores que afetam a composição mineral de plantas forrageiras. In: PASTAGENS: FUNDAMENTOS DA EXPLORAÇÃO RACIONAL. 2ª ed. Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1994. p.65-83.
- COSTA G.G.; MONERAT, P.H.; GOMIDE, J.A. Efeito de doses de fósforo sobre o crescimento e teor de fósforo de capim-jaraguá e capim-colômbia. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.1, p.1-10, 1983.
- COSTA, N. de L.; PAULINO, V. T.; SCHAMMAS, E. A. Produção de forragem, composição mineral e nodulação do guandu afetados pela calagem e adubação fosfatada. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.13, n.1, p.51-58, 1989.
- COSTA, N.L.; PAULINO, V.T.; TOWNSEND, C.R. Resposta de *Arachis pinto* cv. Amarillo a níveis de fósforo. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. Anais ... Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.162-179

- CRESS, W.A.; THRONEBERRY, G.O.; LINDSEY, D.L. Kinetics of phosphorus absorption by mycorrhizal and non-mycorrhizal tomato roots. *Plant Physiology*, Cambridge, v.64, p.484-487, 1979.
- CRUSH, J.R. Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhizal. VII. Growth and nodulation of some herbage legumes. *New Phytologist*, Cambridge, v. 73, p.743-749, 1974.
- DAMÉ, P.R.V.; SIEWERDT, L.; REIS, J.C.L. Amendoim forrageiro: Qualidade da forragem de acessos no litoral sul do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1998, Botucatu. Anais ... Botucatu: SBZ, 1998, p.678-680.
- DANIELS, A.; HETRICK, B.A. Isolation and culture of VA mycorrhizal fungi. In: POWELL, C.L.; BAGYARAJ, D.L. (ed.). *VA Mycorrhiza*. Flórida: CRC Press Inc. 1984. Cap. 3, p.35-56.
- DANIELS, B.A.; TRAPPE, J.M. Factors affecting spore germination of the VA fungus, *Glomus epigaeus*. *Mycologia*, v.72, p.456-471, 1980.
- DAVIS, A.; EVANS, M.E. Effects of spring defoliation and fertilizer nitrogen on the growth of white clover in rygrass/clover swards. *Grass and Forage Science*, Oxford, v.45, p.345-356, 1990.
- DOUDS, D.D.; GALVEZ, L.; BÉCARD, G.; KAPOLNIK, Y. Regulation of arbuscular mycorrhizal development by plant host and fungus species in alfalfa. *New Phytologist*. Cambridge, v. 138. p.27-35. 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análises de solo. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. SNLCS, 2ª ed. Rio de Janeiro, -1997. 212p.
- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas, princípios e perspectivas. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.
- ERNANI, P.R.; SANTOS, J.C.P.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S. Prediction of phosphorus uptake by a mechanistic model in a low phosphorus highly weathered soil as affected by mycorrhizae inoculation. *Journal of Plant Nutrition*, v. 17, p.1067-1078. 1994.

- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P.** Produção de bovinos em pastagens de *Brachiaria* spp. consorciadas com *Colopogonium mucunoides* nos cerrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n.2, p.238-245, 1998.
- EVANS, P.S.** Comparative root morphology of some pasture grasses and clovers. **New Zealand Journal of Agriculture of Resarch**, v.20, p.331-335, 1977.
- FALADE, J.A.** The effect of phosphorus on growth and mineral composition of five tropical grasses. **East African Agriculture of Forestry Journal**, v.41, n.4, p.342-350, 1975.
- FAQUIN, V.** Cinética da absorção de fosfato, nutrição mineral, crescimento e produção da soja sob a influência de micorriza vesículo-arbuscular (MVA). Piracicaba: ESALQ, 1988. 136p. (Tese de Doutorado em Agronomia).
- FAQUIN, V.; ROSSI, C.; CURL, N; EVANGELISTA, A.R.;** Nutrição mineral em fósforo, cálcio e magnésio do braquiário em amostra de latossolo dos Campos das Vertentes sob influência de calagem e fontes de fósforo. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n.6, p.1074-1082, 1997.
- FERGUSON, J.E.; CARDOSO, C.I.; SÁNCHEZ, M.S.** Avances y perspectivas en la producción de semilla de *Arachis pintoi*. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 14, n.2, p.14-22, 1992.
- FERNANDES, A.B.; SIQUEIRA, J.O.; MENEZES, M.A.L.; GUEDES, G.A.A.** Efeitos diferenciados do fósforo sobre o estabelecimento e efetividade da simbiose endomicorrizica em milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, n.1, p. 101-108, 1987.
- FERNANDES, M.S.; ROSSIELO, R.O.P.** Aspectos do metabolismo e utilização do nitrogênio em gramíneas tropicais. In: **MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E.** Calagem e adubação de pastagem. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 93-123.
- FILIZZOLA, V.L.; BAUMGARTNER, J.G.** Efeito da calagem e da adubação com fósforo e zinco no desenvolvimento da *Brachiaria decumbens*. Jaboticabal, UNESO, 1984. 143p.

- FITTER, A.H.; GARBAYE, J. Interaction between mycorrhizal fungi and other soil organisms. In: ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K.; MALAJCZUK, N. (eds.) *Management of mycorrhizas in agriculture and forestry*, The Netherlands: Kluwer, 1994. cap. 12, p. 123-132.
- FOLLET, R.F.; WILKINSON, S.R. Nutrient management of forages. In: BARNES, R.F.; MILLER, D.A.; NELSON, C.J. *Forages: the science of grassland agriculture*. 5ª ed. Ames: IOWA State University Press, v.2, p.55-82, 1995.
- FONSECA, D.M. Níveis críticos de P em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. Viçosa: UFV, 1987. 146p.
- FOY, C.D. Differential aluminium and manganese tolerance of plant species and varieties in acid soils. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.28, n.2, p.150-155, feb. 1976.
- FRAME, J.; NEWBOULD, P. Agronomy of white clover. *Advances in Agronomy*, New York, v. 40, p. 237-247, 1986.
- GERDEMANN, J.W. Vesicular – arbuscular mycorrhiza and plant growth. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v.6, p.397-418, 1968.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, London, v.46, n.1, p.235-246, 1963.
- GIBSON, A.H. Limitation to nitrogen fixation in legumes. In: NEWTON, W. E. and NYMAN, O. J. (eds.). *Proceedings of the International Symposium of Nitrogen Fixation*. Washington: University Press, 1976, v.2, p.400-428.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection roots. *New Phytologist*, Cambridge, v.84, n.3, p.489-500, 1980.
- GOMIDE, J.A.; COSTA, G.G. Adubação nitrogenada e consorciação de capim-colônião e capim-jaraguá. III. Efeitos de níveis de nitrogênio sobre a composição mineral e digestibilidade da matéria seca das gramíneas. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Viçosa, v. 13, n.2, p. 215-224, 1984.

- GOMIDE, J.A.; ZAGO, C.P.; RIBEIRO, A.C. BRAGA, J.M. et al. Calagem e fontes de fósforo no estabelecimento e produção de capim-colônia (*Panicum maximum* Jacq.) no cerrado. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Viçosa, v. 15, n.2, p. 241-246, 1986.
- GONZÁLEZ, M.S.; VAN HEURCH, L.M.; ROMERO, F.; PEZO, D.A.; ARGEL, P.J. Producción de leche en pasturas de estrela africana (*Cynodon nlemfuensis*) solo e asociado com *Arachis pintoi* o *Desmodium ovalifolium*. *Pasturas Tropicales*, Cali, v.7, n.1, p.2-12. 1996.
- GROF, B. *Arachis pintoi*, una leguminosa forragera promissora para los Lanos Orientales de Colômbia. *Pasturas Tropicales*, Cali, v.7, n.1, p.4-5. 1979.
- GUO, Y.; GEORGE, E.; MARSCHNER, H. Contribution of an arbuscular mycorrhizal fungus to the uptake of cadmium and nickel in bean and maize plants. *Plant and Soil*, The Hague, v.184. p.195-205, 1996.
- GUSS, A. Exigência de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em solos com diferentes características físicas e químicas. Viçosa:UFV, 1988. 74p. (Tese de Doutorado em Zootecnia).
- GUSS, A.; GOMIDE, J.A.; NOVAIS, R.F. de. Exigência de fósforo para o estabelecimento de quatro espécies de *Brachiaria* em solos com características físico-químicas distintas. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.19, p. 278-289, 1990.
- HARRIS, W. Pasture as an ecosystem. In: LANGER, R.H.M. (Ed.). *Pastures: their ecology and management*. Auckland: Oxford University Press, 1990. chap.3, p. 75-131.
- HAYMAN, D.S.; MOSSE, B. The role of vesicular-arbuscular mycorrhizal in the removal of phosphorus from soil by plant roots. *Ver. Ecol. Biol. Sol*, v.9, p.483-470, 1972.
- HAYNES, R.J. Competitive aspects of the gran-legume association. *Advances in Agronomy*, New York, v.33, p.227-261. 1980.
- HEPPER, C.M. The effect of nitrate and phosphate on the vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of lettuce. *New Phytologist*, Cambridge, v.92, n.3, p.389-399, Nov. 1983.

- HETRICK, B.A.D. Acquisition of phosphorus by VA mycorrhizal fungi and growth responses of their host plants. In: BOODY, L.; MARCHANT, R.; REID, D. J. Nitrogen, phosphorus and sulphur utilization by fungi. Cambridge: University Press, 1989, p.205-206.
- HOFFMANN, C.R. Nutrição mineral e crescimento da braquiária e do colômbio, sob influência das aplicações de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em latossolo da região noroeste do Paraná. Lavras: ESAL, 1992. 204p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia)
- HOWELER, R.H.; SIEVERDING, E.; SAIF, S. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. *Plant and Soil*, The Hague, v.100, n.2, p. 249-283, 1987.
- IBIJIBIJEN, J.; URQUIAGAS, S.; ISMAIL, M.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Effect of arbuscular mycorrhizal on uptake of nitrogen by *Brachiaria arrecta* and *Sorghum vulgare* from soils labelled for several years with ^{15}N . *New Phytologist*. Cambridge, v.133, p.487-494, 1996.
- ISEPON, O.J.; BERGAMASCHINE, A.F.; BASTOS, J.F.; ALVES, J.B. Respostas de dois cultivares do gênero *Cynodon* à adubação nitrogenada, In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, Botucatu, 1998. Anais ... Batucatu: SBZ, 1998. p.245-247.
- ISRAEL, W.D. Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation. *Plant Physiology*, Bethesda, v. 84, n.3, p.853-840, 1987.
- JAKOBSEN, I.; ROSENDAHL, L. Carbon flow into soil and external from roots of mycorrhizal cucumber plants. *New Phytologist*, Cambridge, v. 115. 77-83. 1980.
- JOHANSEN, A.; JAKOBSEN, I.; JENSEN, E.S. External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum* L. 3. Hyphal transport of ^{32}P and ^{15}N . *New Phytologist*, Cambridge, v. 124, p.61-68. 1993.
- JOHNSON, C. R.; JOINER, J.N.; CREWS, C.E. Effects of N,K, and Mg on growth and leaf nutrient composition of three container grown woody ornamentals inoculated with mycorrhizae. *Journal of American Society of Horticultural Science*, Cambridge, v. 105, n.2, p.286-288, June, 1980.

- KOTHARI, S.K.; MARSCHNER, H.; ROHELD, V. Effect of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and rhizosphere microorganisms on manganese reduction in the rhizosphere and manganese concentrations in maize (*Zea mays* L.). *New Phytologist*, Cambridge, v. 116. n.2, Oct. p.303-311, 1990.
- LASCANO, C.; THOMAS, D. Forage quality and animal selection of *Arachis pinto* in association with tropical grass in the eastern plains of Colômbia. *Grass and Forage Science*, Hurley, v. 43, p.433-439. 1988.
- LASCANO, C. Nutritive value and animal production of forage *Arachis*. In: KERRIDGE, P.C.; HARDY, B. *Biology and Agronomy of Forage Arachis*. Cali: CIAT, 1994. p.109-121.
- LESAMA, M.F.; MOOJEN, E.L. Produção animal em gramíneas de estação fria com fertilização nitrogenada ou associadas com leguminosa, com ou sem fertilização nitrogenada. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.29, n.1, p.123-128, 1999.
- LEWIS, D.H. Comparative aspects of the carbon nutrition of mycorrhizas. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; THNIKER, P.B. (eds.). *Endomycorrhizas*. London: Academic Press, 1975. p.119-148.
- LI X, L. G.E.; MARSCHNER, H. Phosphorus depletion and pH decrease at the root-soil and hyphal-soil interfaces of VA mycorrhizal in white clover fertilized with ammonium. *New Phytologist*, v. 119. p. 397-404, 1991.
- LOBATO, E.; KORNELIUS, E.; SANZONOWICZ, C. Adubação fosfatada em pastagens. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADAT, T.; MALAVOLTA, E. *Calagem e adubação de pastagens*. Piracicaba: POTAFOS, 1986, p.145-174.
- LOPES, E. S.; OLIVEIRA, E. Efeito de espécies de micorrizas vesicular-arbuscular em Siratro (*Macroptilium atropurpureum*). *Bragantia*, Campinas, v. 39, n. 17, p. 241-245, 1980.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas. v.7, p.1-19, 1983.

- LU, X.; KOIDE, R.T. The effects of mycorrhizal infection on components of plant growth and reproduction. *New Phytologist*, Cambridge, v.128, p.211-218, 1994.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F.A.C.; BRASIL SOBRINHO, M. O.C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo: Livraria Pioneira, 1974. 727p.
- MALAVOLTA, E.; PAULINO, V.T. Nutrição mineral e adubação do gênero *Brachiaria*. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO BRACHIARIA, 2, Nova Odessa, 1991. Encontro ... Nova Odessa, 1991. p.45-136.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 210p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 1986. 672p.
- MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*. The Hague, v.159, n.1, p.89-102, Feb. 1994.
- MARTIM, R.A. Doses de nitrogênio e de potássio para produção, composição e digestibilidade dos capins coastcross 1 e tifton 85 em um Latossolo Vermelho-Amarelo. Piracicaba:ESALQ, 1997, 109p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia).
- MASCARENHAS, H.A.A. Cálcio, enxofre e ferro no solo e na planta. Campinas: Fundação Cargill, 1977. 95p.
- MENEGATTI, D. de P. Nitrogênio na produção e no valor nutritivo de três gramíneas do gênero *Cynodon*. Lavras: UFLA, 1999. 76p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia).
- MENGE, J.A.; STEIRLE, D.; BAGYARAJ, D.J.; JOHNSON, E.L.V.; LEONARD, R.T. Phosphorus concentration in plants responsible for inhibition of mycorrhizal infection. *New Phytologist*, Cambridge, v. 80, n.3, p. 575-578, 1978.

- MONTEIRO, F.A. *Cynodon*: exigências minerais e adubação. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *CYNODON*, Juiz de Fora, 1996. Anais ... Juiz de Fora: EMBRAPA – CNPGL, 1996, p.23-44.
- MOREIRA, S.M.; LOURDES, S.G.; THIÉBAU, J.T.L.; NOVAIS, R.F. Efeito da interação gramínea – solo – calagem sobre a eficiência dos fosfatos naturais. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 26, n. 146, p.360-373, 1979.
- MORIKAWA, C.K. Limitações nutricionais para o *Andropogon (Andropogon gayanus)* e *Braquiário (Brachiaria brizantha)* em Latossolo da região dos Campos das Vertentes – MG. Lavras: ESAL, 1993. 143p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia).
- MORIKAWA, C.K.; FAQUIN, V.; CURI, N.; MARQUES, E.S.; WERNEK JUNIOR, M.R.; EVANGELISTA, A.R. Crescimento e produção de gramíneas forrageiras em amostras de Latossolo da região dos Campos das Vertentes-MG, Brasil. *Pasturas Tropicales*, Cali, v. 20, n.2, Agosto, p.18-23, 1998.
- MORTON, J.B.; BENNY, G.L. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (*Zygomycetes*) new order *Glomales*, two new siborders, *Glomineae* and *Gigasporineae* and two new species of *Glomaceae*. *Mycotaxon*, Ithaca, v.37, p.471-491, 1990.
- MOSSE, B. Effects of different endogone strains on the growth of *Paspalum notatum*. *Nature*, London, v.239, p.221-223, 1972.
- MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Annual Review of Phytopatology*, Palo Alto, v. 11, p.171-196, 1973.
- MOSSE, B. Plant growth response to vesicular-arbuscular mycorrhiza. X. Responses of *Stylosanthes* and maize to inoculation in unsterile soils. *New Phytologist*, Cambridge, v. 78, n.2, p.277-288, May. 1977.
- MOSSE, B. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawaii: Intitute for Agriculture, and Human Research, 1981. 82p.

- MOSSE, B.; PHILLIPS, J.M. The influence of phosphate and other nutrients on the development of vesicular-arbuscular mycorrhiza in culture. *Journal of General Microbiology*, London, v.69, n.1, p.157-166. 1971.
- MUGGER, C.C.; CURI, N.; SILVA, M.L.N.; LIMA, J.M. Características pedológicas de ambientes agrícolas nos chapadões do rio Corrente, sudoeste da Bahia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.31, n.2, p. 221-232, mar. 1996.
- NAMBIAR, P.C.T.; RAO, M.R.; REDDY, M.S.; FLOYD, C.; DART, P.J.; WILLEY, R.W. Effect of intercropping on nodulation and N₂ fixation by groundnut. *Experimental Agriculture*, Cambridge, v.19, p.79-86, 1983.
- NASCIMENTO, V.M.; ISEPON, O.J.; FERNANDES, F.M. Efeito de doses de NPK nas relações K, Ca e Mg em *Brachiaria decumbens* Stapf., cultivada em latossolo da região do cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27, 1990, Campinas, Resumos ... Campinas, 1990, p.241.
- NEWMAN, E.I.; RITZ, K. Evidence on the pathways of phosphorus transfer between vesicular-arbuscular mycorrhizal plant. *Ney Phytologist*, Cambridge, v.104, n.1, p.77-87, Sept. 1986.
- NORRIS, D.O. Leguminous plants in tropical pasture. *Tropical Grassland*, Brisbane, v.63, n.6, p.159-169, 1972..
- NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P.; PEDREIRA, E.G.S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15, 1998, Piracicaba, Anais ... Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1998. p.203-242.
- OFORI, F.; STERN, W.R. Cereal – legume intercropping systems. *Advances in Agronomy*, San Diego, v.41, p.41-90, 1987.
- OLSEN, F.J. Effect of large applications of nitrogen fertilizer on the productivity and protein content of four tropical grasses in Uganda. *Tropical Agricultura*, Trinidad, v.49, n.3, p.251-260, Jul. 1972.
- ORTAS, I.; HARRIS, P.J.; ROWELL, D.L. Enhanced uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plants as influenced by of nitrogen. *Plant and Soil*, The Hague, v. 184, p.255-264. 1996.

- PACIULLI, A.S. Efeito de diferentes épocas de corte e doses de N sobre a produção, composição química e digestibilidade "in vitro" de três gramíneas do gênero *Cynodon*. Lavras: UFLA, 1997. 92p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia).
- PACOSKY, R.S.; SILVA, P.; CARVALHO, M.T. Growth and nutrient allocation in *Phaseolus vulgaris* L. colonized with endomycorrhizae or *Rhizobium*. *Plant and Soil*, The Hague. v.132, p. 127-137, 1991.
- PALHANO, A.L.; HADDAD, C.M. Exigências nutricionais e valor nutritivo de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Cv. Coastcross n.1. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 27, n.10, p.429-438, 1992.
- PASSOS, R.R. Respostas do braquiarião e do andropogon a fontes de fósforo, calcário e gesso em Latossolo da região dos Campos das Vertentes (MG). Lavras: ESAL. 1994. 90p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia).
- PAULA, M. A.; SIQUEIRA, J. O. Efeito da umidade do solo sobre a simbiose endomicorrizica em soja. II. Crescimento, nutrição e relação água-planta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, p.289-293, 1987.
- PAUL, E.A.; CLARK, F.E. *Soil microbiology and biochemistry*. 2. ed. Califórnia: Academic Press, 1996, 340p.
- PAULINO, V.T.; COSTA, N.L.; CARDELLI, M.A.; RODRIGUES, A.N.; CHAGAS, F. de Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e da adubação fosfatada em *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. *Pasturas Tropicais*, Cali, v.14, n.3, p.14-17, dic. 1992.
- PERES, J.R.R.; VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R. Variabilidade na eficiência em fixar nitrogênio entre isolados de uma mesma estirpe de *Rhizobium japonicum*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.8, p.193-196, 1984.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transaction of British Mycological Society*, London, v.55, n.1, p.158-161, Aug. 1970.
- PIZARRO, E.A.; RINCÓN, A. Regional experience with forage *Arachis* in south América. In: KERRIDGE, P.C.; HARDY, B. *Biology and agronomy of forage Arachis*. Cali, CIAT, 1994. p.144-157.

- PORTUGAL, E.P. Contribuição de fungos endomicorrízicos na absorção de nitrogênio e fósforo por forrageiras consorciadas. Piracicaba: ESALQ, 1988. 139p. (Dissertação de Mestrado).
- RATNAYAKE, M.; LEONARD, R.T.; MENGE, J.A. Root exudation to supply of phosphorus and its possible relevance to mycorrhiza formation. *New Phytologist*, Cambridge, v. 81, n.3, p.543-552, 1978.
- REIS, M. A. dos. Produção de inóculo de fungos micorrízicos vesicular-arbuscular (*Glomus etunicatum* Becker e Gerdemann), "in vivo", e efeitos de sua aplicação em feijoeiro. Viçosa: UFV, 1988. 113p. (Tese de Mestrado).
- RHEINHEINER, D. dos S. Comportamento de fungos micorrízicos vesículo-arbuscular nativos em pensacola com diferentes pH do solo. Santa Maria;UFSM, 1991. 69p. (Tese de Mestrado em Agronomia).
- RINCÓN, C.A.; CUESTA, M.P.A. PÉREZ, B.R.; LASCANO, C.E. Mani Forrajero Perenne (*Arachis pintoii* Krapovickas y Gregory): una alternativa para ganaderos y agricultores del tropico húmedo. La Ceiba: Dirección General de Ganaderia y Departamento de Investigación y Fomento Ganadero, 1992. 14p.
- ROBSON, A.D.; O'HARA, G.W. ABBOTT, L.K. Involvement of phosphorus in nitrogen fixation by *Subterraneum* clover (*Trifolium subterraneum* L.) *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v.8, p.427-436, 1981
- ROCHA, C.M.; PALACIOS, E.; GROF, B. Capacidad de propagación de *Arachis pintoii* bajo pastoreo. *Pasturas Tropicales*, Cali, CIAT. v, 7, n.3, p.25. 1985.
- ROSSETO, R. Efeito de fungos MVA e de fertilizantes fosfatados no crescimento de *Calopogonium mucunoides* e *Brachiaria humidicola* e na absorção de N e P. Piracicaba: ESALQ. 1988. 139p. (Tese de Mestrado em Agronomia).
- SAIF, S.R. Growth responses of tropical forage plant species to vesicular-arbuscular mycorrhizae: I. Growth, mineral uptake and mycorrhizal dependency. *Plant and Soil*, The Hague, v. 97, p. 25-35. 1987.

- SALINAS, J.G.; SANCHES, P.A. Soil-plant relationship affecting varietal and species differences in tolerance to low available soil phosphorus. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.58, n.2, p.156-158, 1976.
- SANO, S.M. Influência de endomicorrizas nativas do cerrado no crescimento de plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.8, n.1, p.25-29, 1984.
- SANTANA, J.R. de; PEREIRA, J.M.; REZENDE, C.P. Avaliação da consorciação de *Brachiaria dictyoneura* Stapf com *Arachis pintoi* Krapov e Gregory sob pastejo. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. Anais ... Botucatu: SBZ, 1998, p.675-677.
- SCHWEIGER, P.F.; ROBSON, A.D.; BORROW, N.J. Root hair length determines beneficial effect a *Glomus* species on shoot growth of some pasture species. *New Phytologist*, Cambridge, v. 131, p. 247-254. 1995.
- SIEVERDING, E.; TORO, S. Influence of soil water regime on VA mycorrhizae. V. Performance of different VAM fungal species with cassava. *Journal of Agronomy Crop Science*, Madison, v.161, p.322-332, 1988.
- SIMPSON, J.R. Transfer of nitrogen from three pasture legumes under periodic defoliation in a field environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, Melbourne, v.16, n.83, p.863-870, Dec. 1976.
- SIQUEIRA, J.O. *Biologia do Solo*. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 230p.
- SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A. Micorrizas vesicular-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 10, p. 207-211, 1986.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. *Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas*. Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 255p.
- SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S; GRISI, B.M.; HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. *Microrganismos e processos biológicos do solo*. Brasília: EMBRAPA, 1994. 142p.

- SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J. The importance of mycorrhizal association in natural low fertility soil. In: MACHADO, A.T.; NAGNAVACA, R.; PANDEY, S.; SILVA, A.F. (eds.) Simpósio Internacional sobre Estresse Ambiental, 1992, Belo Horizonte, MG. O milho em perspectiva. Anais ... Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS. 1995. p.239-280.
- SMITH, S.E.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Physiological interactions between symbiontes in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology**, Palo Alto, v. 39. p.221-244, 1988..
- SMITH, S.E.; SMITH, F.A. Structure and function of the interface in biotrophic symbiosis as they relate to nutrient transport. **New Phytologist**, Cambridge, v.14, n.1, p.31-38, 1990.
- SOARES FILHO, C.V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba, Anais ... Piracicaba: FEALQ, 1995. p.25-48.
- SPAIN, J.M.; VILELA, L. Perspectivas para pastagens consorciadas na América Latina nos anos 90 e futuros. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28, Campinas. 1990. Anais ... Campinas: SBZ, 1990. p.101-119.
- SPEARS, J.W. Minerals in forages. In: FAHEY JUNIOR, G.C. (ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p.281-317.
- SRN (Secretaria de Recursos Naturales de Honduras). **Mani Forrajero cv. Pico Bonito (*Arachis pintoii* Krapovickas y Gregory): una alternativa para los ganados y agricultores del trópico húmedo**. LaCeiba, Honduras: Dirección General de Ganaderia y Departamento de Investigación y Fomento Ganadero, 1993. 14p.
- THOMPSON, J.P. What is the potential for management of mycorrhizas in agriculture. In: ROBSON, A.D.; ABBOT, L.K.; MALAJCZUK, N. (eds.). **Management os Mycorrhizas in Agriculture, horticulture and Forest**. The Hague, Kluwer Academic Publishers, 1994. p.120-132.

- TRAPPE, J.M. Phylogenetic and aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary stand point. In: SAFIR, G.R. (ed.) *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants*. Boca Raton: CRC Press, 1987. p.5-25.
- VALE, F.R.; GUEDES, G.A.A.; GUILHERME, L.R.G. *Manejo da fertilidade do solo*, Lavras: ESAL/FAEPE, 1995. 206p.
- VALLS, J.F.M. O potencial de plantas forrageiras tropicais americanas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS E PASTAGENS. Campinas, 1994. Anais ... Campinas: CBNA, 1994. p.11-24.
- VAN RAIJ, B. *Fertilidade do solo e a adubação*. Piracicaba: CERES/POTAFOS, 1991. 343p.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p
- WERNER, J.C. *Adubação de pastagens*. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (Boletim Técnico, 18).
- WHITNEY, A.S. Growth of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under clipping. Effects of nitrogen fertilization, cutting interval, and season on yields and forage characteristics. *Agronomy Journal*, Madison, v.66, p.281-287. 1974.
- YING, J.; HERRIOGE, D.F.; PEOPLES, M.B.; RERKASEM, B. Effects of N fertilization on N₂ fixation and N balances of soybean grown after lowland rice. *Plant and Soil*, The Hague, v. 147, n.2, p.235-242, 1992.
- ZAMBOLIM, L.; SIQUEIRA, J.O. *Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura*. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. 36p. (Série Documentos, 26).
- ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; BARCELLOS, A.O.; KICHEL, A.N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de Braquiária. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba, Anais ... Piracicaba: FEALQ, 1994. p.107-151.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A. *SANEST: sistema de análise estatística para microcomputadores*. Manual do usuário. Pelotas: UFPel, 1989. 10p. (mimeografado).