

# Inoculação micorrízica e adubação fosfatada na produção de mudas de Amendoim Forrageiro<sup>1</sup>

Mycorrhizal inoculation and phosphate fertilizer in the production of seedlings of the forage peanut

Elias Melo de Miranda<sup>2\*</sup>, Eliane Maria Ribeiro da Silva<sup>3</sup> e Orivaldo José Saggin Júnior<sup>3</sup>

**RESUMO** - Para avaliar o efeito da micorriza e do fósforo (P) sobre o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. & Greg.), foram estabelecidos dois experimentos em casa de vegetação para comprovar a hipótese de haver benefício da micorrização no crescimento de mudas desta espécie, tanto com propagação por sementes como de forma vegetativa. No experimento I, as mudas foram cultivadas em bandejas com 72 células, preenchidas com solo, em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com parcelas subdivididas. Os tratamentos foram constituídos pela inoculação de seis espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nas parcelas e duas formas de propagação nas subparcelas. No experimento II, estolões foram cultivados em vasos contendo solo de baixa fertilidade tratado com cinco doses de P e inoculados com quatro espécies de FMA mais um controle, arranjados em fatorial 5 x 5, em DIC. Em ambos os experimentos, os substratos foram previamente esterilizados. As mudas cultivadas em bandejas de isopor e originadas de sementes produziram mais matéria seca do que aquelas obtidas de forma vegetativa e os FMA foram eficientes em promover o crescimento das mudas. Para as mudas originadas do enraizamento de estolões, o benefício micorrízico foi detectado apenas sobre a massa de raízes. Nas mudas cultivadas em vasos e fertilizadas com P, a magnitude das respostas foi maior mediante inoculação com FMA. A espécie *G. clarum* foi mais eficiente em condições de baixa disponibilidade de P, enquanto *A. morrowiae* se destacou nos níveis mais elevados de P. Há indícios de elevada dependência micorrízica do amendoim forrageiro.

**Palavras-chave:** *Arachis pintoi*. Fungos micorrízicos arbusculares. Propagação vegetativa. Produção de fitomassa.

**ABSTRACT** - To evaluate the effect of mycorrhiza and phosphorus (P) on the forage peanut (*Arachis pintoi* Krap. & Greg.), two experiments were set up in a greenhouse to prove the hypothesis that mycorrhiza is beneficial to the growth of seedlings of the species, for both seed and vegetative propagation. In the first experiment, the seedlings were grown in trays of 72 cells filled with soil, in a completely randomised design (CRD), with split lots. The treatments consisted of the inoculation of six species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) for the lots, and two methods of propagation for the sub-lots. In the second experiment, stolons were grown in pots, in soil of low fertility treated with five doses of P and inoculated with four species of AMF, and one control, arranged in a 5 x 5 factorial in CRD. In both experiments, the substrates had earlier been sterilised. Seedlings originating from seeds, and grown in Styrofoam trays, produced more dry matter than those obtained vegetatively, with the AMF being effective in promoting seedling growth. For those seedlings originating from stolon rooting, the benefit from the mycorrhiza was detected only for root mass. In the seedlings grown in pots and fertilised with P, the extent of the response was higher for those inoculated with AMF. The species *G. clarum* was more efficient under conditions of low P availability, while *A. morrowiae* excelled at higher levels of P. There are indications of high mycorrhizal dependency in the forage peanut.

**Key words:** *Arachis pintoi*. Arbuscular mycorrhizal fungi. Vegetative propagation. Phytomass production.

DOI: 10.5935/1806-6690.20160028

\*Autor correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 24/06/2015; aprovado em 28/11/2015

Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

<sup>2</sup>Embrapa Acre, Caixa Postal 321, Rio Branco-AC, Brasil, 69.900-970 elias.miranda@embrapa.br

<sup>3</sup>Embrapa Agrobiologia, Caixa Postal 74.505, Seropédica-RJ, Brasil, 23.890-000, eliane.silva@embrapa.br, orivaldo.saggin@embrapa.br

## INTRODUÇÃO

O amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. & Greg.) é uma espécie bem adaptada às condições do trópico úmido, produzindo forragem e persistindo na pastagem satisfatoriamente, possuindo elevado teor de proteína bruta e boa digestibilidade. Sua utilização promove incremento na produção animal, sendo uma das melhores alternativas de alimentação com menor custo (NASCIMENTO, 2006).

Esta leguminosa, cujo centro de origem é a América do Sul, foi introduzida em vários países e, apesar de ter sido identificado seu potencial para a melhoria das pastagens, foram observados alguns problemas para a sua adoção, sendo recorrentes aqueles referentes à não disponibilidade de sementes, dificuldades no estabelecimento e manutenção, conforme relatam Wünscher *et al.* (2004), na Costa Rica.

O consórcio com gramíneas é uma das opções de uso do amendoim forrageiro e alguns trabalhos confirmam esta aptidão da planta. Andrade *et al.* (2004), avaliando a cv. Belmonte observaram que o amendoim forrageiro apresenta características que facilitam sua associação com gramíneas, tais como tolerância à sombra e maior produtividade, quando comparado a outras leguminosas. Entretanto, para um consórcio mais satisfatório se recomenda que a altura do pasto, no pré-pastejo, seja mantida abaixo de 65-70 cm para evitar o sombreamento excessivo da leguminosa (ANDRADE *et al.*, 2006). Miranda, Saggin Júnior e Silva (2008) avaliaram o consórcio de mudas de amendoim forrageiro e braquiária em vasos de cultivo e observaram maior crescimento inicial e estabelecimento mais rápido das mudas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), concluindo que a micorriza contribuiu para aumentar a capacidade competitiva da leguminosa com a gramínea.

A formação de mudas micorrizadas em viveiro pode ser uma opção para acelerar o estabelecimento do amendoim forrageiro na pastagem, pois apesar da técnica de plantio dos estolões diretamente no campo ser mais econômica, sua viabilidade depende de condições favoráveis quanto às condições fisiológicas da planta doadora dos estolões e de fatores climáticos, que nem sempre são favoráveis, resultando em consórcios com baixa densidade da leguminosa. A importância de utilizar mudas já estabelecidas é ressaltada no trabalho de Pereira, Carvalho e Pinto (2011) que, produzindo mudas a partir do enraizamento de estolões de amendoim forrageiro em bandejas de isopor, obtiveram 100% de sobrevivência quando as mudas foram transplantadas para vasos. Outro fato que deve ser considerado na obtenção de mudas dessa espécie é que a propagação vegetativa é a única opção para a maioria dos acessos, pois as plantas raramente produzem sementes (ANDRADE *et al.*, 2006).

A associação do amendoim forrageiro com FMA e os benefícios da micorrização também foram constatados em outros trabalhos. Azevedo *et al.* (2014), avaliando a esporulação e riqueza de espécies de FMA na rizosfera, obtiveram resposta diferenciada entre acessos, mostrando a existência de variabilidade entre os genótipos de amendoim forrageiro avaliados. Trabalho realizado por Santos *et al.* (2001) mostrou que a produção de matéria seca do amendoim forrageiro aumentou com a inoculação do fungo *Glomus etunicatum*.

Mudas com bom desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea são de grande importância, pois asseguram maior sobrevivência da planta a campo e contribuem para aumentar a viabilidade econômica da implantação de pastagem com mudas de amendoim forrageiro (SHUSTER *et al.*, 2011).

A utilização de mudas crescidas em viveiro pode ser uma solução para acelerar a formação da pastagem, resolvendo o problema da lentidão do estabelecimento das plantas no campo, um dos principais gargalos que limitam a adoção desta leguminosa. Assim, considerando a insuficiência de estudos sobre técnicas de produção de mudas desta espécie, este estudo partiu da hipótese de que o amendoim forrageiro é beneficiado pela micorrização. O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da inoculação de FMA e da adubação fosfatada sobre a produção de biomassa de mudas de amendoim forrageiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram estabelecidos dois experimentos em casa de vegetação localizada no município de Seropédica-RJ. No experimento I, as mudas foram cultivadas em bandejas de poliestireno, contendo 72 células com volume aproximado de 120 cm<sup>3</sup> cada uma. A bandeja foi preenchida com “terriço da mata” coletado no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, em uma área de Planossolo, com as seguintes características: pH = 6,6; P = 9,0 e K = 69,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup> + Mg<sup>+2</sup> = 2,2 e Al<sup>+3</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; e MO = 11,4 g kg<sup>-1</sup>. No experimento II, foram usados vasos de polipropileno com capacidade para 1,8 kg preenchidos com terra de baixa fertilidade, coletada de um corte de estrada no município de Pinheiral-RJ, em uma área em que o solo foi classificado como Argissolo, com as seguintes características: pH = 4,3; P = 3,0 e K = 23,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup> + Mg<sup>+2</sup> = 0,7 e Al<sup>+3</sup> = 0,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; e MO = 4,0 g kg<sup>-1</sup>.

O Planossolo não recebeu fertilização adicional, enquanto o Argissolo foi submetido à calagem, com a aplicação de 0,7 g kg<sup>-1</sup> de calcário calcítico, PRNT de 75%, correspondendo a uma aplicação de 2,8 ton ha<sup>-1</sup>. Ambos os solos foram submetidos ao processo de esterilização

por autoclavagem por duas vezes a 120 °C, 1,0 kgf cm<sup>-2</sup>, por 60 minutos, em dias consecutivos, com repouso de uma semana antes da utilização.

No experimento I foram aplicados oito tratamentos de inoculação, sendo seis espécies de FMA, mais dois tratamentos-controle: inoculação somente com o Rizóbio (estirpe BR 1405) e o controle absoluto não inoculado. As espécies de FMA utilizadas foram as seguintes: *Acaulospora morrowiae* Spain e Shenck, *Entrophospora colombiana* Spain e Shenck, *Gigaspora margarita* Becker e Hall, *Glomus clarum* Nicolson e Schenck, *Glomus etunicatum* Becker e Gerdemann, e *Scutellospora heterogama* (Nicol. e Gerd) Walker e Sanders.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os tratamentos foram arrançados em parcela subdividida, com quatro repetições. A parcela foi constituída pela bandeja inteira, onde foram alocados os tratamentos de inoculação e a metade das bandejas (36 células) foram tomadas como subparcelas, onde foi alocada a forma de propagação da planta (semente ou estolão).

A inoculação dos FMA foi realizada aplicando-se 1 cm<sup>3</sup> de solo-inóculo por célula das bandejas, contendo pedaços de raízes infectadas, hifas e cerca de 50 esporos. O inóculo foi colocado em orifícios com cerca de três centímetros de profundidade, aberto no centro da célula, antes do plantio. Nos tratamentos-controle foi colocado 1 cm<sup>3</sup> de solo-inóculo autoclavado, em seguida foi adicionado nas células de todos os tratamentos 1 ml de um filtrado dos solos-inóculos, isentos de propágulos de FMA, com a finalidade de promover o equilíbrio entre os tratamentos quanto às populações microbianas acompanhantes do inóculo micorrízico. Este procedimento de inoculação foi adotado nos dois experimentos.

As sementes do amendoim forrageiro foram obtidas do cultivar BRS Mandobi e os estolões coletados do cultivar Belmonte. Os estolões foram cortados com tamanho entre 15 e 20 cm, com no mínimo três nós. As sementes e estolões foram tratados antes do plantio com hipoclorito de sódio a 2%, durante 20 minutos, sendo anteriormente submersas em uma solução de sacarose a 10% e agitadas por 16 horas, com o objetivo de ativar e sensibilizar a comunidade microbiana e tornar a desinfestação mais eficiente.

No experimento I foram semeadas três sementes ou plantados dois estolões por célula, conforme o tratamento e no experimento II foram utilizados apenas estolões, sendo plantados quatro unidades/vaso. Em ambos os experimentos foi deixada apenas uma planta por célula/vaso após o desbaste. A eliminação das plantas excedentes foi feita 15 dias após o plantio nas mudas de sementes e após 30 dias naquelas originadas de estolões. A propagação vegetativa é a forma convencional de plantio do amendoim

forrageiro, dada a dificuldade de obtenção de sementes, justificando seu uso no segundo experimento.

Na avaliação do experimento I, a colheita foi realizada aos 100 dias após o plantio (dap), sendo coletadas aleatoriamente quatro plantas de cada subparcela. Para cada muda colhida foi mensurada a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes e coletadas amostras do substrato e raízes para verificar a ocorrência de esporulação e colonização das raízes pelos fungos inoculados. A extração dos esporos foi realizada conforme estabelecido em Jenkins (1964) e a colonização radicular foi verificada com auxílio do método descrito por Grace e Stribley (1991).

No caso das mudas produzidas a partir do enraizamento de estolões, na avaliação da produção de matéria seca da parte aérea foram consideradas apenas as brotações emitidas após o plantio, sendo desconsiderada a massa da estaca original.

Os dados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variância e, quando necessário, foram transformados para raiz de  $x + 1$  e, então, submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, após a rejeição da hipótese nula pelo teste F.

No experimento II foram avaliadas quatro espécies de FMA: *A. morrowiae*, *E. colombiana*, *G. margarita*, *G. clarum* mais o controle não inoculado. O substrato (Argissolo) foi fertilizado com dosagens crescentes de fósforo: 0; 33; 100; 300 e 900 mg kg<sup>-1</sup> e após a aplicação do fertilizante, estas dosagens corresponderam, respectivamente, a 3,0; 3,7; 14,3; 37,6 e 103,9 mg dm<sup>-3</sup> de P disponível pelo extrator Mehlich I, por ocasião do plantio. Como fonte de P foi utilizado superfosfato triplo triturado por 30 segundos em moinho analítico Tekmar®A-10, com o objetivo de acelerar a reação com o solo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com os tratamentos arrançados em esquema fatorial 5 x 5 (cinco tratamentos de inoculação e cinco níveis de P) e cinco repetições. Foram avaliados dois cortes realizados aos 100 e 160 dap a 5 cm do nível do substrato, sendo mensurada a produção de matéria seca da parte aérea e de raízes. Para a análise dos dados, foram ajustadas regressões entre as dosagens de P e as variáveis de crescimento avaliadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Inoculação micorrízica em mudas de amendoim forrageiro originadas de sementes e de estolões

Foram verificadas esporulação e colonização de raízes para todas as espécies de FMA inoculadas.

Considerando as espécies em conjunto, foram extraídos, em média, 112,4 esporos  $\text{cm}^{-3}$  de substrato nas mudas originadas de sementes e 80,5 esporos  $\text{cm}^{-3}$  de substrato nas mudas obtidas de estolões. Isso sugere que os fungos encontraram condições favoráveis à esporulação na rizosfera das plantas, independente da forma de propagação, parecendo não haver nenhuma condição limitante à simbiose devido a uma possível falta de sincronia entre a germinação dos esporos e a emissão de raízes das estacas. Observou-se grande variabilidade na esporulação entre as espécies, provavelmente devido à especificidade entre fungo e planta, conforme também foi observado por Azevedo *et al.* (2014).

Não houve diferença significativa entre as espécies de FMA inoculadas ( $p > 0,05$ ) para a variável matéria seca da parte aérea (MSPA) nas mudas oriundas de sementes. Porém, as mudas micorrizadas apresentaram médias de MSPA superiores aos dois controles (rizóbio e não inoculado), resultado também obtido por Santos *et al.* (2001) trabalhando com a espécie *G. etunicatum*. Para esta mesma variável, não houve diferença significativa entre nenhum dos tratamentos aplicados nas mudas obtidas do enraizamento de estolões (Tabela 1).

As mudas originadas de sementes resultaram em valores de MSPA superiores àquelas originadas de estolões produzindo, em média, 191% a mais de matéria seca. Isso é esperado na fase inicial de desenvolvimento das plantas, notadamente no amendoim forrageiro, que pode ser considerado uma planta oleaginosa, cujas sementes são ricas em reservas de nutrientes, como os lipídeos. Essas reservas permitem que as plantas se desenvolvam mais rapidamente em relação aos estolões que apresentam consistência herbácea e tamanho reduzido, o que lhes confere limitada

capacidade de reservas nutricionais. Consequentemente, o estabelecimento da simbiose com os FMA nas mudas oriundas de sementes pode ser facilitado e poderá ocorrer maior colonização de raízes e produção de fitomassa.

Quanto à MSR a maioria das espécies de FMA promoveu aumento na matéria seca nas mudas oriundas de sementes, superando os tratamentos controle. Para esta variável, os tratamentos com as espécies *G. etunicatum*, *A. morrowiae*, *S. heterogama* e o controle inoculado apenas com rizóbio, também proporcionaram maior produção de MSR nas mudas propagadas vegetativamente, com médias entre 182 a 255  $\text{mg planta}^{-1}$ , sendo estatisticamente iguais entre si e superiores aos demais tratamentos (Tabela 1).

Mudas de amendoim forrageiro originadas de sementes, de maneira geral, são mais beneficiadas pela inoculação micorrízica. Entretanto, para as mudas obtidas do enraizamento de estolões, nas condições em que este experimento foi conduzido, foi detectado o benefício da micorrização das mudas originadas de estolões apenas para a variável MSR. Este benefício também é importante, pois pode facilitar o estabelecimento das plantas a campo (SHUSTER *et al.*, 2011).

A ausência de resposta das espécies de FMA para a produção de MSPA, provavelmente, se deve ao fato das mudas provenientes de estolões terem a necessidade de priorizar a emissão de raízes, ficando o crescimento da parte aérea em segundo plano. Deve-se considerar também que as reservas nutricionais das plantas doadoras dos estolões devem ser adequadas. Caso estas reservas sejam limitadas, o encargo do dreno de fotoassimilados promovido pelos FMA pode resultar em menor crescimento da muda.

**Tabela 1** - Massa seca da parte aérea (MSPA) e de raízes secas (MSR) de mudas de amendoim forrageiro originadas de sementes e de enraizamento de estolões e colonizadas por diferentes espécies de FMA 100 dias após o plantio

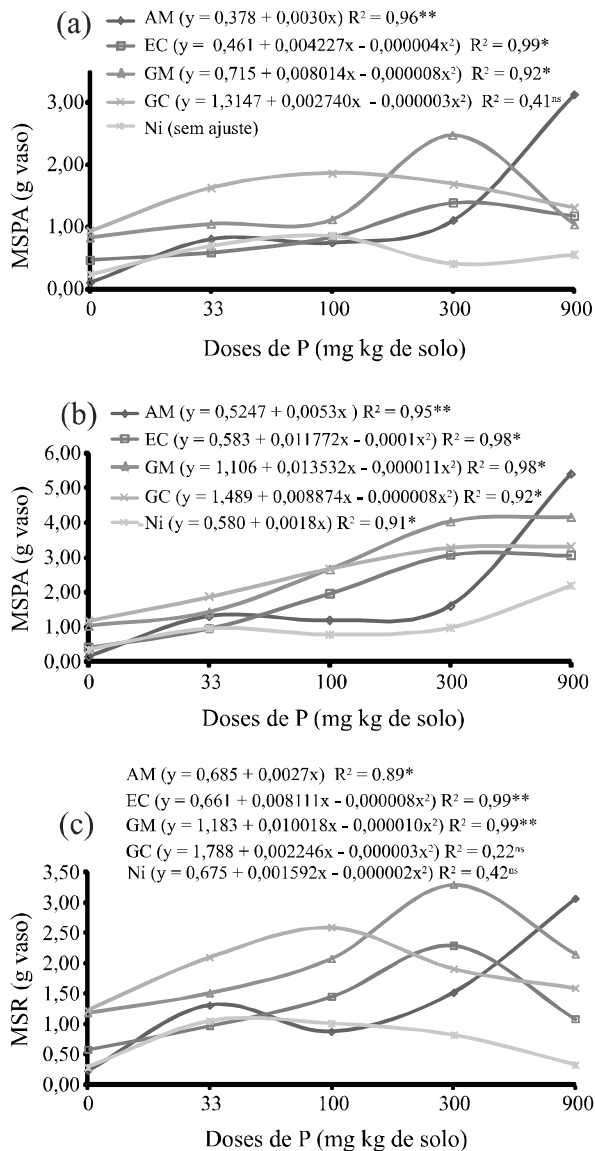
Tratamento	MSPA (mg)		MSR (mg)	
	Semente	Estolão	Semente	Estolão
<i>Acaulospora morrowiae</i>	665 aA	274 aB	460 aA	207 aB
<i>Entrophospora colombiana</i>	1002 aA	335 aB	500 aA	148 bB
<i>Gigaspora margarita</i>	781 aA	210 aB	466 aA	96 bB
<i>Glomus clarum</i>	892 aA	132 aB	416 aA	119 bB
<i>Glomus etunicatum</i>	705 aA	262 aB	343 bA	255 aA
<i>Scutellospora heterogama</i>	886 aA	270 aB	334 bA	182 aB
Rizóbio	341 bA	202 aA	285 bA	195 aA
Não inoculado	344 bA	242 aA	293 bA	92 bB
Média	702 A	241 B	387 A	162 B
Coeficiente de variação	39,2	52,8	32,9	40,1

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ )

## Resposta do amendoim forrageiro à micorriza e fertilização fosfatada

De maneira geral, as respostas obtidas foram similares, tanto para a produção de parte aérea (avaliada em dois cortes) como de raízes, avaliada no segundo corte. Houve tendência da biomassa produzida, tanto da parte aérea como de raízes, se correlacionar positivamente com o aumento das doses de P, notadamente nas doses mais baixas (Figuras 1a, 1b e 1c).

**Figura 1** - Matéria seca da parte aérea - MSPA (a = no primeiro e b = no segundo corte) e de raízes - MSR (c) em mudas de amendoim forrageiro inoculadas com FMA em solo fertilizado com doses crescentes de P. Am = *A. morrowiae*; Ec = *E. colombiana*; Gm = *G. margarita*; Gc = *G. clarum*; e Ni = controle não inoculado



O modelo linear foi biologicamente coerente e mais ajustado à resposta das mudas inoculadas com *A. morrowiae* quanto a produção de MSPA. Entretanto, não foi atingido o ponto de máximo com as dosagens aplicadas, ao contrário do que ocorreu com as demais espécies, tanto no primeiro como no segundo corte. As espécies *E. colombiana*, *G. margarita* e *G. clarum* proporcionaram respostas quadráticas, em ambos os cortes, com a matéria seca crescendo nas menores doses, atingindo um ponto de máximo e caindo nas maiores doses, devido, possivelmente, ao efeito inibitório à colonização das altas doses de P, ou mesmo a um desbalanceamento nutricional. O tratamento não inoculado (Ni), também teve comportamento similar, apresentando resposta lenta ao aumento da disponibilidade de P, de magnitude inferior aos tratamentos de inoculação com FMA, mesmo nas doses mais elevadas de P.

Os resultados indicam que todas as espécies de FMA foram eficientes em promover o crescimento de amendoim forrageiro, em uma ampla faixa de P disponível, tal como Saggin Júnior e Siqueira (1996) sugeriram ser ideal para um fungo eficiente. Esses resultados também sugerem que o amendoim forrageiro é uma planta com elevado grau de dependência micorrízica, pois mesmo com mais de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  de P disponível (extrator Mehlich I), ainda respondeu em crescimento à inoculação, comportamento também observado por Siqueira e Saggin Júnior (2001) em outras espécies vegetais também classificadas como dependentes da micorriza.

As mudas inoculadas com *A. morrowiae* apresentaram resposta negativa em relação ao controle na ausência de fertilização adicional de P, produzindo em cada corte apenas 47 e 45%, respectivamente, da MSPA produzida pelas mudas não inoculadas (Ni). Todavia, com a elevação da disponibilidade de P houve resposta elevada, com produção máxima na dose de  $900 \text{ mg kg}^{-1}$ , sendo a produção, em cada corte, 560 e 247% maior em relação ao controle Ni, superando as demais espécies. Esta espécie também apresentou maior amplitude de resposta ao P, sendo o acúmulo de MSPA na dose que proporcionou a máxima produção em cada corte 2.670 e 3.462% maior em relação ao controle não fertilizado. Portanto, em condições de alta disponibilidade de P, *A. morrowiae* apresenta elevada eficiência simbiótica com o amendoim forrageiro.

Em condições subótimas de disponibilidade de P, ou seja, na ausência de adubação adicional e na dose de  $100 \text{ mg P kg}^{-1}$  de solo, que corresponderam à disponibilidade de P de 3 e  $14,3 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente, a espécie que se destacou foi *G. clarum*, proporcionando produção em cada corte 391 e 348% maior em relação ao controle Ni, na ausência de P adicional. A máxima produção proporcionada por esta espécie ocorreu na dose de  $100 \text{ mg de P kg}^{-1}$  de solo no primeiro corte, com produção de MSPA 220% maior em relação ao controle

Ni. Esta espécie apresentou menor amplitude de resposta entre a dose de P de máxima produção e a ausência de fertilização, sendo esta variação de 98,7% no primeiro corte e de 179,2% no segundo corte. Estes resultados sugerem que *G. clarum* é a espécie mais eficiente em associação com o amendoim forrageiro em solos de baixa fertilidade.

A espécie *G. margarita* também apresentou bom desempenho, tanto nas doses de P baixas como nas mais elevadas. Na dose intermediária de 300 mg P kg<sup>-1</sup> de solo (37,6 mg dm<sup>-3</sup> de P disponível) foi a espécie que proporcionou a maior resposta em produção de MSPA, nos dois cortes, mostrando maior plasticidade de resposta em relação ao P disponível. Houve também resposta positiva de *E. colombiana* ao aumento das dosagens de P, todavia, de maneira geral, a magnitude de sua resposta foi intermediária entre o controle Ni e as espécies de melhor desempenho.

Resultados similares também foram observados para a produção de MSR, como mostrado na Figura 1c.

Estes resultados sugerem que o amendoim forrageiro pode ser caracterizado, quanto à sua micotrofia, como uma espécie que apresenta resposta ao P de pequena magnitude sem a micorrização e uma forte interação entre o P no solo e a micorriza, mostrando respostas de grande magnitude quando inoculadas com FMA eficientes. Desta forma, observa-se que quando ocorre elevação das doses de P, não há um ponto de cruzamento entre as retas das equações ajustadas para explicar a resposta na produção de matéria seca das mudas não inoculadas com aquelas inoculadas, notadamente nas doses mais elevadas, respostas típicas de plantas com elevado grau de dependência micorrízica.

A resposta das mudas não inoculadas com FMA, em todas as situações avaliadas, foi pequena nas menores doses de P, enquanto que nas maiores dosagens a resposta foi lenta ou ausente. Em outros estudos, como os de Góis *et al.* (1997), foram encontradas respostas semelhantes. Estes autores constataram que a resposta do amendoim forrageiro à adubação fosfatada foi lenta, tendo aumento significativo no estabelecimento desta leguminosa até a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Resultados semelhantes foram relatados por Vasconcellos *et al.* (1998), constatando a ausência de resposta do amendoim forrageiro à calagem e adubação fosfatada quanto à produção de fitomassa e, também, por Costa *et al.* (2006), concluindo que a eficiência de utilização de fósforo foi inversamente proporcional às doses aplicadas.

Carneiro *et al.* (2011), estudando a resposta do cultivo consorciado entre o capim andropogon e o estilosantes à inoculação com FMA e aplicação de doses de fósforo em solo não esterilizado também concluíram que nas menores doses de P se observa maior benefício da inoculação micorrízica. As plantas forrageiras provavelmente se adaptaram à baixa disponibilidade de P e desenvolveram alta eficiência de uso desse

nutriente por meio de mecanismos que ainda não estão completamente esclarecidos (WATANABE *et al.*, 2006) e os FMA devem exercer papel importante. O trabalho de Gómez-Carabali, Rao e Otero (2011) também corrobora esta hipótese, mostrando que a introdução de gramíneas e leguminosas adaptadas e o suprimento de P em solos ácidos e pobres em nutrientes, mesmo em baixas taxas de fertilização, pode ajudar na restauração de sítios perturbados, aumentando o potencial de inóculo de FMA.

Lekberg e Koide (2005) verificaram que o aumento da abundância de FMA pode, embora de maneira limitada, substituir fertilizantes fosfatados e que o aumento da disponibilidade de P levou à maior nodulação e acúmulo de N em *Arachis hypogaea*, o que poderia melhorar a fertilidade do solo com a incorporação dos resíduos da cultura no campo. Mello, Saggin Júnior e Silva (2012) verificaram que o alto nível de P no substrato não impediu a colonização micorrízica das raízes de *Mimosa artemisiana*, o que poderia ser vantajoso para a adaptação das mudas em área degradada.

Corroborando os resultados do presente estudo, Clark (1997) afirma que, em condições subótimas de disponibilidade de fósforo, as respostas das plantas micorrizadas são mais acentuadas, o que significa que a micorriza pode suprir as necessidades de P nestas condições. Resultado semelhante também foi obtido por Carneiro *et al.* (2010) que observaram redução no requerimento externo de P para o estabelecimento do estilosantes inoculado com *G. clarum* e inóculo nativo.

Os resultados ressaltam, também, que há resposta diferenciada na interação FMA-planta hospedeira e que a magnitude da resposta é regulada pela disponibilidade de P e pela eficiência simbiótica de cada associação, havendo indícios de que o amendoim forrageiro seja uma planta com elevada dependência micorrízica.

Estas informações podem ser úteis no desenvolvimento de sistemas de produção de mudas com baixos insumos baseados na micorrização com espécies de FMA eficientes para o amendoim forrageiro e no uso moderado de fertilizantes, especialmente de P.

## CONCLUSÕES

1. Mudas de amendoim forrageiro são beneficiadas pela inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, tanto aquelas originadas de sementes quanto as obtidas do enraizamento de estolões;
2. Mudas propagadas por sementes apresentam maior produção de fitomassa;
3. Houve variação na resposta à fertilização fosfatada, sendo sua intensidade potencializada pela inoculação

de FMA. A espécie *G. clarum* proporciona maior resposta em condição subótima de disponibilidade de P e *A. morrowiae* nas maiores concentrações de P;

4. O amendoim forrageiro apresenta resposta ao P de pequena magnitude quando não micorrizado e uma forte interação entre o P no solo e a micorrização, com respostas de grande magnitude quando inoculadas com FMA eficientes.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. M. S. *et al.* A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.
- ANDRADE, C. M. S. *et al.* Grazing management strategies for massagrass-forage peanut pastures. 1. Dynamics of sward condition and botanical composition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 334-342, 2006.
- AZEVEDO, J. M. A. *et al.* Riqueza e frequência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em genótipos de amendoim forrageiro no Acre, Norte do Brasil. **Acta Amazônica**, v. 44, n. 2, p. 157-168, 2014.
- CARNEIRO, R. F. V. *et al.* Doses de fósforo e inoculação micorrízica no cultivo de estilosantes em solo sob condições naturais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59 n. 227, p. 415-426, 2010.
- CARNEIRO, R. F. V. *et al.* Inoculação micorrízica arbuscular e adubação fosfatada no cultivo de forrageiras consorciadas. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 232, p. 1191-1202, 2011.
- CLARK, R. B. Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant growth and mineral acquisition at low pH. **Plant and Soil**, v. 192, n. 1, p. 15-22, 1997.
- COSTA, N. L. *et al.* Resposta de *Arachis pintoi* cv. Amarillo à níveis de fósforo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, p. 59-62, 2006.
- GÓIS, S. L. L. *et al.* Efeito de calcário, fósforo e potássio na produção de forragem de *Arachis pintoi*. **Pasturas Tropicais**, v. 19, p. 9-13, 1997.
- GÓMEZ-CARABALÍ, A.; RAO, I. M.; OTERO, J. T. Influence of fertilization, season, and forage species in presence of arbuscular mycorrhizae in a degraded Andisol of Colombia. **Acta Agronómica**, v. 60 n. 1, p. 84-92, 2011.
- GRACE, C., STRIBLEY, D. P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, v. 95, n. 10, p. 1160-1162, 1991.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, p. 692-695, 1964.
- LEKBERG, Y; KOIDE, R. T. Arbuscular mycorrhizal fungi, rhizobia, available soil P and nodulation of groundnut (*Arachis hypogaea*) in Zimbabwe. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 110, p. 143-148, 2005.
- MELLO, A. H. de; SAGGIN JÚNIOR, O., J.; SILVA, E. M. R. Estabelecimento de fungos micorrízicos arbusculares em mudas de mimosa artemisiana em diferentes substratos. **Agroecossistemas**, v. 4, n. 2, p. 52-66, 2012.
- MIRANDA, E. M. de; SAGGIN JÚNIOR, O., J.; SILVA, E. M. R. da. Seleção de fungos micorrízicos arbusculares para o amendoim forrageiro consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 9, p. 1185-1191, 2008.
- NASCIMENTO, I. S. O cultivo do amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 4, p. 387-393, 2006.
- PEREIRA, M. W. M.; CARVALHO, K. R. de; PINTO, L. V. A. Avaliação da produtividade e adaptabilidade de acessos de amendoim forrageiro para potencial formação/consorciação de pastagens no Sul de Minas Gerais. **Revista Agroambiental**, v. 3, n. 2, 2011. p. 37-45.
- SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.) **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras. Departamento de Ciência do Solo. Departamento de Ciências Florestais, 1996. p. 203-254.
- SANTOS, I. P. A. *et al.* Resposta a fósforo, micorriza e nitrogênio de braquiário e amendoim forrageiro consorciados. 1. Rendimento de matéria seca da parte aérea e da raiz. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 5, p. 1206-1215, 2001.
- SHUSTER, M. Z. *et al.* Enraizamento de estacas de amendoim forrageiro tratadas com AIB. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia** v. 4, n. 2, p. 122-129, 2011.
- SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. **Mycorrhiza**, v. 11, p. 245-255, 2001.
- VASCONCELLOS, C. A. *et al.* Resposta do *Arachis pintoi* a fósforo e a calcário em Latossolo Vermelho Escuro da região de Sete Lagoas, MG, Brasil. **Pasturas Tropicais**, v. 20, n. 3, p. 22-25, 1998.
- WATANABE, T. *et al.* Internal mechanisms of plant adaptation to aluminum toxicity and phosphorus starvation in three tropical forages. **Journal of Plant Nutrition**, v. 29, n. 7, p. 1243-1255, 2006.
- WÜNSCHER, T. *et al.* Early adoption of the tropical forage legume *Arachis pintoi* in huetar norte, Costa Rica. **Experimental Agriculture**, v. 40, p. 257-268, 2004.