
ASSOCIAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS NO CULTIVO DO AMENDOIM SOB DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Renata Bruna dos Santos Coscolin¹;
Edilson Ramos Gomes²;
Vitor Marcelo de Souza Magalhães³;
João Ricardo Favan¹;
Fernando Broetto⁴

RESUMO

A fragmentação das áreas cultivadas causa dificuldades para os produtores de amendoim, pois a limitação ou fornecimento irregular de nutrientes e água acarreta queda na produtividade e na qualidade dos grãos. Nesse sentido, objetiva-se com o ensaio a avaliação desempenho agrônomo do amendoinzeiro associados a fungos micorrízicos sob deficiência hídrica nos parâmetros de crescimento, produtividade e interação com outros microorganismos de solo. O experimento foi

¹Profa. Doutora Faculdade de Tecnologia Shunji Nishimura: Avenida Fundação Shunji Nishimura, nº 60, Distrito Industrial, Pompéia-SP, 17580-000. renata.coscolin@gmail.com

²Prof. Doutor, Faculdades Integradas de Bauru: Rua José Santiago, Quadra 15, Bauru-SP, 17056-120. edilsonvej@hotmail.com

³Graduando em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Rural: Rua Dr. José Barbosa de Barros, nº 1780, Botucatu-SP, 18610-034. vitor.mac@bol.com.br

⁴Prof. Doutor, Universidade Estadual Paulista, Departamento de Química e Bioquímica: Rua Prof. Dr. Antonio Celso Wagner Zanin, nº 250, Botucatu-SP, 18618-689. broetto@ibb.unesp.br

conducido em casa de vegetação usando o cultivar IAC Runner 886, com inoculação e sem inoculação (+ FMAs e -FMAs) com as seguintes espécies de FMAs (*Glomus intraradices* e *Glomus etunicatum*) nas condições de 100% da necessidade hídrica da cultura e 45% da necessidades hídrica da cultura. Foram avaliados parâmetros biométricos e microbiológicos como: colonização de raiz, número de esporos e número de nódulos. Houve sinergismo entre os FMAs e o amendoim contribuindo em melhorias nos parâmetros biométricos e de produção. A disponibilidade hídrica influenciou a esporulação dos FMAs e a dinâmica entre os microorganismos de solo Ex. *Rhizobium*.

Palavras-Chave: FMAs. *Ascophylunnodosun*. Microbiota do solo.

Association of mycorrhizal fungi in peanut cultivation under water deficiency

ABSTRACT

The fragmentation of cultivated areas causes difficulties for producers by the limitation or irregular supply of nutrients and water leads a drop in yield and grain quality. The objective of this study was to evaluate growth, productivity and interaction with other soil microorganisms of peanut plants associated to arbuscular mycorrhizal fungi under water deficit. The experiment was in a greenhouse using the IAC Runner 886 cultivars. The treatments were inoculated and non-inoculated plants (+FMAs/ -FMAs) with the following species (*Glomus intraradices* e *Glomus etunicatum*). These plants were submitted to 100% water requirement and 45% of the water requirement. Were evaluated Biometric and microbiological parameters such as root colonization, number of spores and number of nodules. There was synergism between FMAs and peanuts contributing to improvements in biometric and production parameters. The water availability influenced the sporulation of AMF and the dynamics among the soil microorganisms, ex. *Rhizobium*.

Key Words: FMAs. *Ascophylunnodosun*. Soil microorganisms.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do amendoim (*Arachis hypogae* L.) tem despertado grande interesse econômico, pois suas sementes constituem uma importante fonte de proteína vegetal

e de óleo comestível (BARBOSA; HOMEM; TARSITANO, 2014). Essas podem ser processadas e utilizadas diretamente na alimentação humana, nas indústrias de conservas (enlatado), confeitarias, oleoquímica e no biodiesel (CORREIA et al., 2009).

A cultura também apresenta grande potencial de expansão, pois o seu uso atende a diversos mercados, seja para o consumo *in natura* para a indústria ou para integração lavoura pecuária. O Brasil se destaca entre os principais produtores mundiais de amendoim, sendo a região sudeste responsável pela maior parte da produção nacional (CONAB, 2015).

Várias formas de simbiose são reconhecidas, entre elas associação micorrízica arbuscular (SMITH; READ, 2009), e os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) formam uma das associações mais comuns na natureza, a micorriza arbuscular (MA), formada entre estes fungos e as raízes de aproximadamente 80% das plantas terrestres, (INVAM, 2012).

Estas associações além de promoverem melhorias no crescimento e desenvolvimento das plantas são uma opção para a redução no fornecimento de adubos, à medida que a absorção nutriente de certos elementos imóveis, como o P, torna-se facilitada pelas hifas fúngicas. A simbiose também influencia as propriedades físico-químicas do solo através das hifas radiculares, exsudados e resíduos (FOLLI, 2012) e contribuem para a fertilidade do solo (ALMEIDA et al., 2014).

Neste contexto, o emprego de técnicas que favoreçam o crescimento rápido, torna-se importantes para favorecer o desenvolvimento inicial das plantas e os agentes biológicos como, fungos micorrízicos arbusculares, podem ser boas alternativas. Em contrapartida, o fungo é beneficiado pelos fotoassimilados do vegetal que permite o completo ciclo de vida dos FMAs, que obrigatoriamente necessita de um hospedeiro (SMITH; READ, 2009). A manutenção da comunidade micorrízica do solo é de interesse para avaliação da capacidade das plantas em selecionar FMAs ou combinações eficientes para colonização radicular em determinada cultura sob condições adversas de cultivo como a restrição hídrica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no período de abril a setembro/2015 no Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências-IB/UNESP, Campus de Botucatu-SP, em uma estufa agrícola. O cultivo foi realizado com amendoim da cv. IAC Runner 886. As sementes foram semeadas em vaso de 30 L, e aos 7 dias após a emergência (DAE) realizou-se desbaste de plantas deixando-se duas por vaso.

Irrigou-se o solo a manter em capacidade de campo durante o estágio vegetativo da cultura (35 DAE), e quando 75% das plantas emitiram botão floral, iniciaram-se os tratamentos propostos de deficiência hídrica. O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura arenosa (EMBRAPA, 2013). Realizou-se a análise química e física do solo (Tabela 1) na camada de 0 - 0,20m.

Tabela 1. Caracterização química e física do solo.

PH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ²	g/dm ³	mg/dm ³	mmolcdm ⁻³						
4,1	12,8	4,8	52,7	0,7	12,2	3,4	16,3	69,0	23,4

Após o resultado da análise do solo, aplicou-se 48 g vaso⁻¹ de calcário dolomítico para elevar o V% a 70% e a adubação para atender à necessidade da cultura. Os tratamentos culturais consistiram na adubação de base, baseado na recomendação descrita pelo Boletim Técnico 100 do IAC (RAIJ et al., 1997) para a cultura. Aplicou-se o equivalente a 1,35 g uréia/ vaso, 1,62 g KCl/ vaso e 2,22 g fosfato diamônico /vaso aos 7 dias antes da semeadura. Para o manejo de irrigação determinou-se a curva de retenção de água do solo através do método da câmara de pressão de Richards, o conteúdo de água no solo para os pontos 10, 30, 50, 100, 300, 500 e 1500 kPa. O monitoramento do teor de água do solo foi realizado com tensiômetro a uma profundidade de 0,15 m. O cálculo da lâmina de irrigação conforme metodologia descrita por Gomes et al. (2015).

Para os tratamentos que tiveram a presença de fungos micorrízicosarbusculares (FMAs) foram utilizados uma mescla de 2 isolados, IAC 5 (*G. Intraracis*) e IAC 44 (*G. etunicatum*). Esses provenientes de vasos estoques multiplicadores com milho tendo as estruturas presentes: esporos, hifas e pedaços de raízes infectadas. O procedimento de inoculação dos FMAs foi realizado em solo não estéril, aplicando-se 100 g do inóculo, o equivalente a aproximadamente a 5.400 esporos por vaso e aplicado no mesmo instante da semeadura junto à cova das sementes.

O ensaio foi instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituídos de 2 tratamentos com quatro repetições. Os tratamentos hídricos foram 100% (controle) e 45% (DH - deficiência hídrica severa) com e sem inoculação de micorriza (+ FMAs / - FMAs). Foram avaliados os seguintes parâmetros: massa fresca e seca de parte aérea (MSPA) e raiz, (MSR), altura de plantas, porcentagem de colonização radicular, número e peso de nodúlos. Os parâmetros avaliados foram

submetidos à análise de variância e quando apontada significância, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas associadas com FMAs apresentaram incremento para a variável MSPA tanto em condições hídricas ótimas como sob deficiência hídrica, mostrando que essa associação simbiótica para as plantas de amendoim se mostrou positiva, pois beneficiou o crescimento da cv IAC Runner 886. Esse comportamento também foi relatado por Hippler e Moreira, (2009) ao inocular os FMAs na cultura do amendoim e na cultura da soja por Pereira et al. (2013).

Comparando dois tipos de cultivares locais de amendoim com inoculação de FMAs Quilambo et al. (2005), observaram aumento tanto da área foliar, MSF e MSR apenas para uma das cultivares de amendoim em ambas as fontes de FMAs. Corroborando com o presente ensaio, este comportamento pode sugerir a diferença entre a dependência micorrízica do hospedeiro através da variedade genética e a especificidade ecológica (ZHU et al., 2001). Cultivares de amendoim mais rústicas e que tenham potencial de se desenvolver em solos de baixa fertilidade, pode ter maior compatibilidade com os FMAs nativos e inoculados (QUILAMBO et al., 2005b). O nível de tolerância a DH pode ser incrementado em função da espécie do isolado (RUIZ-LOZANO; AZCÓN, 1995). E segundo Al-karaki (1998) e Quilambo et al. (2005), esse é um aspecto importante para se definir a melhor combinação entre o hospedeiro e os fungos, aplicados para ambientes com baixa disponibilidade hídrica.

Tabela 1. Massa seca de parte aérea (MSPA) de plantas de amendoim cv. Runner886 associadas e não associadas à FMAs cultivados sob diferentes lâminas de irrigação. Botucatu, SP, 2015.

	Lâminas	
	100%	45%
+ FMAs	5.6780 aA	2.5806 bA
-FMAs	2.5392 aB	1.2073 bB

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes diferem pelo teste de tukey a 5% de probabilidade entre os tratamentos na linha, com letras maiúscula, as médias diferem na coluna. FMAs- fungos micorrízico sarbusculares.

Tabela 2. Massa seca de raiz(MSR) em plantas de amendoim cv. Runner 886 associadas e não associadas a FMAs cultivados sob diferentes lâminas de irrigação. Botucatu, SP, 2015.

	Lâminas	
	100%	45%
+FMAs	0.5405 aA	0.3751 bA
-FMAs	0.3254 aB	0.3249 aA

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes diferem pelo teste de tukey a 5% de probabilidade entre os tratamentos na linha, com letras maiúscula, as médias diferem na coluna. FMAs- fungos micorrízicos arbusculares.

Tabela 3. Altura de plantas de amendoim cv. Runner 886 (MSPA) associadas e não associadas a FMAs cultivados sob diferentes lâminas de irrigação.

	Lâminas	
	100%	45%
+FMAs	18.0000 aA	16.7375 aA
-FMAs	16.1250 aA	13.5000 bB

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes diferem pelo teste de tukey a 5% de probabilidade entre os tratamentos na linha, com letras maiúscula, as médias diferem na coluna. FMAs-fungos micorrízicos arbusculares.

A colonização micorrízica para os tratamentos submetidos a lâmina 100% foram maiores nas plantas inoculadas, mesmo em condição de solo não estéril, em torno de 60% e 25% em solo não inoculado. Para a lâmina de 45% observou-se que porcentagem de colonização radicular não diferiu entre os tratamentos com e sem FMAs, porém, quando comparados os tratamentos com inoculação com FMAs, a lâmina de 100% apresenta maior porcentagem de colonização radicular (60%) frente à lâmina de 45% (27%). Segundo He et al. (2007), existem evidências que as plantas submetidas a condição de estresse alteram a formação e estabelecimento da simbiose evidenciado pela redução da colonização das raízes por alguns FMAs. Esses resultados demonstram a sensibilidade a DH por alguns isolados de FMAs (QUILAMBO et al., 2005).

Tabela 4. Colonização radicular (%) em plantas amendoim cv. Runner886 associadas e não associadas à FMAs cultivados sob diferentes lâminas de irrigação. Botucatu, SP, 2015.

	Lâminas	
	100%	45%
+FMAs	59.85 aA	26.52 bA
-FMAs	24.25 aB	25.00 aA

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes diferem pelo teste de tukey a 5% de probabilidade entre os tratamentos na linha, com letras maiúscula, as médias diferem na coluna. FMAs- fungos micorrízico sarbusculares.

Em relação ao número de esporos, se observou valores superiores para os tratamentos inoculados com FMAs e à medida que se intensificou a deficiência hídrica houve um aumento no número de esporos. Esse atributo, para essa condição experimental, demonstrou que a DH acarretou a esporulação dos fungos possível mecanismo de sobrevivência do fungo frente a um ambiente adverso (AMORIM et al, 2004; BONFIM, 2010) contribuindo para a manutenção do crescimento vegetal. As consequências sobre o crescimento e a nodulação de espécies leguminosas segundo Jesus et al. (2005) são o fornecimento de P pelo fungo para o hospedeiro e suplementando assim a demanda de nutrientes para os nódulos. Assim, a presença de FMAs em simbiose com leguminosas que se associam com o rizóbio teria influência no número e na biomassa de nódulos secos e é um exemplo de sinergismo entre microorganismos (PEREIRA,2013).

Tabela 5. Número de esporos em solo cultivado com amendoim cv Runner 886 associadas e não associadas com FMAs sob diferentes lâminas de irrigação. Botucatu, SP, 2015.

	Lâmina	
	100%	45%
+FMAs	85.25 bA	195.00 aA
-FMAs	33.00 aB	35.00 aB

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes diferem pelo teste de tukey a 5% de probabilidade entre os tratamentos na linha, com letras maiúsculas, as médias diferem na coluna. FMAs- fungos micorrízicos arbusculares.

Tabela 6. Número de nódulos presentes nas raízes das plantas de amendoim cv Runner 886 cultivadas em associação ou não com FMAs sob diferentes lâminas de irrigação. Botucatu, SP, 2015.

	Lâminas	
	100%	45%
+FMAs	14.50 aB	2.75 bA
-FMAs	7.00 aA	1.75 bA

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes diferem pelo teste de tukey a 5% de probabilidade entre os tratamentos na linha, com letras maiúscula, as médias diferem na coluna.

4. CONCLUSÃO

A associação fungos micorrízicos arbusculares com amendoim cv Runner 886, proporcionou uma relação positiva para os atributos biométricos em condições hídricas ótimas e sob deficiência hídrica. Nesse sentido, houve sinergismo entre os FMAs e as plantas de amendoim, o que proporcionou melhorias para os parâmetros biométricos e de produção estudados. A disponibilidade hídrica influenciou a esporulação dos FMAs e a dinâmica com outros microorganismos de solo (Rizóbio) pela ocorrência do maior número de esporos.

5. REFERÊNCIAS

ALLEN, M. F.; BOOSALIS. Effects of two species of VA mycorrhizal fungi on drought tolerance of winter wheat. *New Phytol*, v. 93, p. 67–76, 1983.

ALMEIDA, J. P. N. DE et al. Fungo micorrízicoarbuscular e extrato de algas no crescimento inicial de porta-enxerto de aceroleira. *Revista de Ciências Agrárias Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 57, n. 1, p. 22–28, 2014.

AMORIM, S. M. C.; PAIM, A. C. B.; SILVA, M. G. Efeito do déficit hídrico sobre a colonização endomicorrízica em duas espécies vegetais típicas da região semi-árida do nordeste. *Revista de Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, v. 33, p. 23–26, 2004.

BARBOSA, R. M.; HOMEM, B. F. M.; TARSITANO, M. A. A. Custo de produção e lucratividade da cultura do amendoim no município de Jaboticabal, São Paulo. *Revista Ceres*, v. 61, n. 4, p. 475–481, ago. 2014.

CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira grãos*. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, jul. 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_07_09_08_59_32_boletim_graos_julho_2015.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2016.

CORREIA, K. G. et al. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, n. 4, p. 514–521, 2009.

DOS SANTOS, V. M. et al. USO DE BIOESTIMULANTES NO CRESCIMENTO DE PLANTAS DE *Zea mays* L. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 12, n. 3, p. 307–318, 2013.

FOLLI, M. DA S. *Fungo micorrízico arbuscular e glicina betaína aumentam a tolerância de pinhão-manso em condições de estresse abiótico*. 28 jun. 2012.

GALINDO, F. S. et al. Desempenho agrônomo de milho em função da aplicação de bioestimulantes à base de extrato de algas. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, v. 9, n. 1, p. 13/19, 2015.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *New Phytologist*, v. 84, n. 3, p. 489–500, 1 mar. 1980.

GOMES, E. R. et al. Efeito da fertirrigação com potássio sobre o solo e produtividade do morangueiro, *Irriga, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA*, p. 107-122, 2015.

HIPPLER, F. W. R.; MOREIRA, M. Plants of peanut inoculated with Brady rhizobium and arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecossistema*, v. 34/35, n. 1/2, p. 93–97, 2010 2009.

INVAN- International Culture Colletion of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi – <http://invam.caf.wvu.edu> (2012). KHAN, W. et al. Sea weed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 28, n. 4, p. 386–399, dez. 2009.

KOHLER, J. et al. Plant-growth-promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi modify alleviation biochemical mechanisms in water-stressed plants. *Functional Plant Biology*, v. 35, n. 2, p. 141, 2008.

MATOS, S. E.; SIMONETI, A. P. M. .; OLIVEIRA, E. Uso de produto a base de extrato de algas na cultura do trigo IPR Catuara na região Oeste do Paraná. *Revista cultivando o saber, edição especial*, p. 138–147, 2015.

MIRANDA, E. M.; JÚNIOR, O. J. S.; DA SILVA, E. M. R. Seleção de fungos micorrízicosarbusculares para o amendoim forrageiro consorciado com braquiária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 9, p. 1185–1191, 2008.

MÓGOR, Á. F. et al. APLICAÇÃO FOLIAR DE EXTRATO DE ALGA, ÁCIDO L-GLUTÂMICO E CÁLCIO EM FEIJOEIRO. *Scientia Agraria*, v. 9, n. 4, p. 431–437, 22 out. 2008.

PEREIRA, M. G. et al. Interações entre fungos micorrízicosarbusculares, rizóbio e actinomicetos na rizosfera de soja. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, p. 1249–1256, 2013.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, v. 55, n. 1, p. 158–IN18, ago. 1970.

RAIJ, B. VAN et al. (EDS.). *RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO*. Campinas, SP: IAC - Instituto Agrônômico de Campinas, 1997. v. 1.

SMITH, S. E.; READ, D. J. *Mycorrhizal symbiosis*. 3. ed., Repr ed. Amsterdam: Elsevier/Acad. Press, 2009.

TAIZ, L. et al. *Fisiologia vegetal*. [Castelló de la Plana]: Universitat Jaume I, 2006.

ZHU, X. C. et al. Arbuscular mycorrhizae improves photosynthesis and water status of *Zea mays* L. under drought stress. *Plant Soil Environ*, v. 58, n. 4, p. 186–191, 2012.