

Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e solubilizadores de fosfato na rizosfera de videira (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon)*Inoculation of phosphate-solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon)*Flavia Paiva Coutinho^{1,2,4}, Eliene Matos e Silva², Adriana Mayumi Yano-Melo³¹Laboratório de Pesquisas Aplicadas à Biofábrica, Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste, Cidade Universitária, Recife, PE²Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, Departamento de Micologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Cidade Universitária, Recife, PE³Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, Colegiado de Zootecnia, Petrolina, PE⁴Autor para correspondência (*Author for correspondence*): flaviapaco@hotmail.com**Resumo**

O fósforo (P) é um dos principais elementos limitantes à produção agrícola mundial, sendo necessária a aplicação deste nutriente na forma de fertilizantes fosfatados. Os fungos solubilizadores de fosfatos (FSP) desempenham importante papel no suprimento de P às plantas, apresentando capacidade de solubilizar fosfatos existentes ou adicionados ao solo. Além dos FSP, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) também contribuem para aumentar a absorção de nutrientes devido à expansão na área de exploração do solo, incrementando o crescimento das plantas. Neste estudo foi examinado o potencial de FSP, associado ou não a FMA, na promoção do crescimento de videiras (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet sauvignon), em solos com ou sem adição de fosfato de rocha (FRA), em casa de vegetação. Noventa dias após a inoculação, o tratamento com FMA promoveu incremento significativo na biomassa seca aérea (0,60 g planta⁻¹), porém a adição de fosfato de rocha anulou este benefício. A aplicação de FSP de forma isolada (0,40 g planta⁻¹) ou em combinação com FMA (0,42 g planta⁻¹) resultou em aumento na produção de biomassa seca aérea, diferindo significativamente do controle (0,21 g planta⁻¹) em solo sem adição de FRA. As plantas inoculadas apresentaram maior teor de nutrientes (nitrogênio, potássio e fósforo) quando comparadas às não inoculadas. Conclui-se que o maior crescimento das plantas inoculadas com FMA isolado ou em combinação com FSP, demonstra o uso eficiente dos nutrientes disponíveis no solo, sugerindo a possibilidade de redução nas doses de adubação fosfatada e o potencial para aplicação desses fungos na agricultura.

Palavras-chave: *Aspergillus*, Glomeromycota, fosfato de rocha, semiárido, solo**Abstract**

Phosphorus (P) is one of the main limiting elements to global agricultural production, requiring the application of this nutrient in the form of phosphate fertilizers. The phosphate-solubilizing fungi (PSF) play an important role in supplying P to plants, showing the capacity to solubilize phosphates contained or added to the soil. Besides the PSF, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) also contribute to increasing the absorption of nutrients due to the expansion of the soil exploration area, increasing plant growth. In this study, the potential of PSF was examined, associated or not to AMF, the promotion of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon) growth, in soils with or without the addition of rock phosphate (ARP), taking place in a greenhouse. Ninety days after inoculation, treatment with AMF promoted a significant increase in the dry aerial biomass (0.60 g plant⁻¹), however the addition of rock phosphate annulled this benefit. The application of the isolated PSF (0.40 g plant⁻¹) or in combination with AMF (0.42 g plant⁻¹) resulted in increased production of dry aerial biomass, differing significantly from control (0.21 g plant⁻¹) in soil without the addition of ARP. The inoculated plants showed a higher content of nutrients (nitrogen, potassium and phosphorus) compared to the no inoculated ones. It is concluded that the greater growth of plants inoculated with AMF, isolated or in combination with PSF, demonstrates the efficient use of available nutrients in the soil, suggesting the possibility of reduction in doses of P fertilization and the potential for the application of these fungi in agriculture.

Key-words: *Aspergillus*, Glomeromycota, rock phosphate, semiarid, soil

INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um dos principais elementos limitantes à produção agrícola mundial, sendo necessária a aplicação deste nutriente na forma de fertilizantes fosfatados. Apenas 1% é utilizado pelas plantas e o restante é rapidamente convertido em complexos insolúveis, tornando necessária a aplicação frequente de fontes fosfatadas, o que pode tornar a produção bastante onerosa e ambientalmente indesejável (Reddy et al., 2002; Chuang et al., 2007). A cultura da videira (*Vitis vinifera* L.) requer elevada quantidade de nutrientes, demandando com adubos em torno de 10% dos custos totais de produção, sendo 6% destinado à adubação fosfatada (Albuquerque et al., 2009). Isto justifica a busca por alternativas para a utilização eficiente das fontes fosfatadas, visando a redução dos custos e estabelecendo a sustentabilidade do sistema agrícola.

Alguns fungos desempenham importante papel no suprimento de P às plantas, apresentando capacidade de solubilizar fosfatos existentes ou adicionados ao solo (Mendes & Reis Júnior, 2003). Estes micro-organismos podem atuar também sobre os fosfatos de baixa solubilidade, formados após a aplicação de fontes de fosfatos ao solo, otimizando a eficiência da utilização do P (Ahuja et al., 2007; Chang & Yang, 2009). A ação solubilizadora tem sido associada principalmente à produção de ácidos orgânicos por fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* e por bactérias (*Acidithiobacillus*, *Bacillus* e *Pseudomonas*) (Silva Filho & Vidor, 2001; Vassilev et al., 2007; Bojinova et al., 2008; Kumari et al., 2008; Assumpção et al., 2009).

Outro grupo de fungos que pode contribuir para o aumento na absorção de P do solo compreende representantes do Filo Glomeromycota. Estes, conhecidos por fungos micorrízicos arbusculares (FMA), formam associações simbiotróficas com as raízes da maioria das plantas vasculares contribuindo para aumento da absorção de nutrientes e do crescimento das espécies vegetais. Um dos mecanismos para o aumento na aquisição de P

é a expansão da superfície de exploração do solo, alcançada pelas hifas, que se estendem além do sistema radicular da planta hospedeira, demonstrando assim grande potencial para aplicação na agricultura, visando o aumento na produtividade (Smith & Read, 2008).

A inoculação com fungos solubilizadores de fosfatos (FSP) associados ou não a outros micro-organismos benéficos do solo pode aumentar a taxa de crescimento das plantas (Mittal et al., 2008) e conseqüentemente a produtividade. Este fato tem despertado a atenção para a utilização desses micro-organismos como inoculante comercial ou no manejo de suas populações como forma de promover melhor utilização do P existente no solo ou daquele adicionado como fertilizante. O uso e seleção dos FSP dependem do conhecimento de suas características e a capacidade de solubilização, já que podem variar com o isolado e as condições do ambiente, como solo e temperatura (Silva Filho & Vidor, 2001).

O benefício da inoculação com FMA em videiras tem sido mencionado por vários pesquisadores. Além de promover aumento no crescimento, observa-se aumento no teor de fósforo e outros nutrientes (Belew et al., 2010; Anzanello et al., 2011; Kara et al., 2011).

Com isso, o uso de inoculantes puros ou em combinações contendo FSP e FMA pode representar uma opção para aumentar a eficiência da adubação com fosfatos solúveis e diminuir os custos de produção nesta cultura, como encontrado para o trigo (Babana & Antoun, 2006), milho (Ouahmane et al., 2007), jequitirana e quaresmeira (Matias et al., 2009).

Pesquisas sobre a eficiência desses micro-organismos na solubilização de diferentes fontes de P e no crescimento e desenvolvimento de videiras constituem potenciais a serem explorados, principalmente nas condições semiáridas.

OBJETIVO

Assim, o objetivo do presente estudo foi demonstrar o efeito de FSP, associado ou não a FMA, na promoção do crescimento de videiras (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet sauvignon) em solos com ou sem adição de fosfato de rocha Arad, em condições de casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Petrolina (PE) no Campus de Ciências Agrárias, da UNIVASF, em casa de vegetação.

Foram utilizados vasos plásticos com capacidade de 1,5 kg, utilizando argissolo (pH 5,6; matéria orgânica 11,27 g kg⁻¹; P 9,07 mg dm⁻³; K 0,34 cmolc dm⁻³; Ca 2,4 cmolc dm⁻³; Mg 0,7 cmolc dm⁻³; Na 0,03 cmolc dm⁻³; Al 0,05 cmolc dm⁻³; Cu 0,7 mg dm⁻³; Fe 15,1 mg dm⁻³; Mn 31,9 mg dm⁻³; Zn 3 mg dm⁻³) autoclavado a 121°C por 60 minutos.

Foram testadas duas condições de fertilidade no solo: com ou sem adição de fosfato de rocha Arad (FRA; 33 % P₂O₅) na quantidade recomendada para a cultura da videira (23 mg FRA 1,5 kg⁻¹ de solo) (Melo, 2008). Estacas de videira da variedade Cabernet sauvignon (*Vitis vinifera* L.) foram transplantadas para vasos com os respectivos tratamentos após a emergência das folhas.

O delineamento experimental foi do tipo inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4 x 2, ou seja, quatro tratamentos de inoculação (controle; apenas FSP, apenas FMA; combinação de FSP+FMA) e duas condições de adubação (com ou sem adição de FRA), com oito repetições.

A inoculação com FMA e FSP foi feita próximo às raízes da planta no momento do transplante. Foi utilizado solo-inóculo de FMA constituído por hifas, raízes de *Sorghum bicolor* (L.) Moench colonizadas e cerca de 200 glomerosporos de *Claroideoglossum etunicatum* e *Entrophospora infrequens* (I.R. Hall) R.N. Ames & R.W. Schneid. (UNIVASF

23B) isolados da rizosfera de videiras (Festival seedless/IAC 766) (Freitas et al., 2011). Para inoculação com FSP utilizou-se 1,0 mL de suspensão de esporos (10⁷ esporos mL⁻¹) do isolado FSP 145 (*Aspergillus brasiliensis* Varga, Frisvad & Samson), obtido da rizosfera de videiras var. Cabernet sauvignon. Em seguida, os vasos foram irrigados com água destilada e os tratamentos dispostos em bancadas, na casa de vegetação. Quando necessário, água destilada foi adicionada para manter a umidade do solo em cerca de 70 % da capacidade de campo.

Noventa dias após a inoculação as plantas foram coletadas e avaliadas quanto à área foliar (aparelho de análise foliar LiCor), biomassa seca radicular e da parte aérea, teor de P, N e K nas raízes e na parte aérea por fotolorimetria (EMBRAPA, 1997). O número de glomerosporos na rizosfera de cada planta também foi estimado e a porcentagem de raiz colonizada por FMA foi determinada (Giovanetti & Mosse, 1980). Amostras do solo foram analisadas quimicamente no momento inicial e final do experimento pelo Laboratório de Solos da Embrapa Semiárido (EMBRAPA, 1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade utilizando-se o programa Statistica 5.0 (Statsoft, 1997). Para calcular o incremento proporcionado pelos tratamentos de inoculação utilizou-se a fórmula 100[(X-Y)/Y], em que X representou o tratamento inoculado e Y o controle (Weber et al., 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inoculação com FMA promoveu incremento significativo na área foliar (108%), na biomassa seca aérea (186%) e na biomassa seca radicular (56%), porém a adição de fosfato de rocha ao solo anulou os benefícios da micorrização, reduzindo o potencial de incremento (Tabela 1).

Conforme demonstrado, os FMA podem promover aumento de 60 a 190% na produção

de matéria seca da parte aérea de videiras. As combinações específicas entre o FMA e a espécie de *Vitis* ou porta-enxerto podem promover diferenças significativas no crescimento e no desenvolvimento da videira, ou seja, respostas diferenciadas observadas em *Vitis* sp. são determinadas pela compatibilidade funcional entre os simbiontes

(Belew et al., 2010; Anzanello et al., 2011). O aumento da matéria seca aérea está provavelmente relacionado à maior área foliar das plantas inoculadas, que conferiram alto acúmulo de biomassa seca em resposta à maior produção de fotoassimilados (Minhoni & Auler, 2003).

Tabela 1 - Área foliar ($\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$), biomassa seca da parte aérea e radicular (g planta^{-1}) de videiras (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet sauvignon) com 90 dias após os tratamentos de inoculação.

Table 1 - Leaf area ($\text{cm}^2 \text{ plant}^{-1}$), aerial and root dry biomass (g plant^{-1}) of grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon) with 90 days after the inoculation treatments.

Tratamento	Área Foliar		Biomassa seca aérea				Biomassa seca radicular			
	FRA -	FRA +	FRA -	FRA +	FRA -	FRA +	FRA -	FRA +	I%	
	I%	I%	I%	I%	I%	I%	I%	I%	I%	I%
NI	58,2 bA	70,8 aA	0,21 cB	0,42 aA	1,40bA	1,57 aA				
FSP	80,7 bA	75,9 aA	7 0,40 bA	91 0,42 aA	0 2,12 aA	51 1,51 aB	0			0
FMA	121,2 aA	108 70,9 aB	0 0,60 aA	186 0,48 aB	14 2,18 aA	56 1,49 aB	0			0
FSP+FMA	74,9 bA	29 77,1 aA	9 0,42 bA	100 0,49 aA	17 2,18 aA	56 1,85 aB	18			18
CV (%)		19,8		16,2		23,5				

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$). NI = não inoculado; FSP = fungo solubilizador de fosfato; FMA = fungo micorrízico arbuscular; FRA - = sem adição de fosfato de rocha Arad; FRA + = com adição de fosfato de rocha Arad; CV = coeficiente de variação; I = incremento $\{100[(X-Y)/Y]$, X = tratamento inoculado e Y = tratamento controle}.

A aplicação de FSP de forma isolada ($0,40 \text{ g planta}^{-1}$) ou em combinação com FMA ($0,42 \text{ g planta}^{-1}$) resultou em aumento na produção de biomassa seca aérea, diferindo significativamente do controle ($0,21 \text{ g planta}^{-1}$) e do tratamento com FMA ($0,60 \text{ g planta}^{-1}$) em solo sem adição de FRA (Tabela 1). *Aspergillus* sp. tem sido utilizado como biofertilizante por sua capacidade em solubilizar fosfatos e beneficiar o ganho de biomassa em trigo, milho e grão-de-bico (Singh & Reddy, 2011; Yadav et al., 2011). Embora ambos os micro-organismos (FSP e FMA) sejam conhecidos por beneficiar o crescimento das plantas, a dupla inoculação em plantas de videira não resultou em sinergismo.

Para a biomassa seca radicular observa-se maior acúmulo nas plantas inoculadas e em solo sem adição de P (Tabela 1). O incremento no crescimento das plantas inoculadas foi entre 51 e 56% (Tabela 1), resultado expressivo em comparação ao apresentado por Souchie et al. (2006), que relataram aumento significativo (47%) para biomassa seca radicular de trigo apenas na presença do apenas na presença do

FSP, enquanto não se observou efeito de FMA isolado ou combinado com FSP.

O exame microscópico das raízes mostrou que as plantas inoculadas com FMA foram colonizadas. A porcentagem de raiz colonizada por FMA foi superior em videiras cultivadas sem adição de fosfato de rocha ao solo (Tabela 2). Embora a colonização micorrízica não tenha relação direta com a eficiência simbiótica no crescimento das plantas (Silva et al., 2009), observa-se que a adição de P reduziu significativamente o percentual de colonização micorrízica em raízes de videira, porém sem efeito sobre o número de glomerosporos (Tabela 2).

O teor de nutrientes (P, N e K) nos tecidos vegetais aéreos ficou acima ($>24 \text{ g kg}^{-1}$ para N) e na faixa adequada ($1,2-4,0 \text{ g kg}^{-1}$ para P e $11-18 \text{ g kg}^{-1}$ para K) para todos os tratamentos, exceto para o tratamento não inoculado, cujo teor de K permaneceu abaixo ($<11 \text{ g kg}^{-1}$) do recomendado para a cultura da videira (Melo, 2002). Entretanto, houve efeito da inoculação para P radicular, K aéreo e radicular e N

radicular e da interação dos fatores para o N aéreo (Tabela 3).

Tabela 2 - Colonização micorrízica e número de glomerosporos na rizosfera de videiras (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet sauvignon) 90 dias após a inoculação com fungos solubilizadores de P e micorrízicos arbusculares, isoladamente ou em combinação.

Table 2 - Mycorrhizal colonization and number of glomerospores in the rhizosphere of grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon) 90 days after inoculation with phosphate-solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi, alone or in combination.

Tratamento	Colonização micorrízica (%)		Nº de glomerosporos (50 g ⁻¹ de solo)	
	FRA -	FRA +	FRA -	FRA +
NI	0	0	0,	0
FSP	0	0	0	0
FMA	75 aA	35 aB	1,3 aA	1,3 aA
FSP+FMA	62 aA	33 aB	1,7 aA	1,7 aA
CV (%)	27,0		23,5	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$). NI = não inoculado; FSP = fungo solubilizador de fosfato; FMA = fungo micorrízico arbuscular; FRA - = sem adição de fosfato de rocha Arad; FRA + = com adição de fosfato de rocha Arad; CV = coeficiente de variação.

Tabela 3 - Teor de potássio (K), fósforo (P) total e nitrogênio (N) no tecido da parte aérea e radicular de videira (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet sauvignon) em resposta aos tratamentos de inoculação, após 90 dias.

Table 3 - Content of potassium (K), total phosphorus (P) and nitrogen (N) in the aerial and root tissues of the grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon) in response to inoculation treatments after 90 days.

Tratamento	K radicular (g kg ⁻¹)		K aéreo (g kg ⁻¹)		P radicular (g kg ⁻¹)		P aéreo (g kg ⁻¹)		N radicular (g kg ⁻¹)		N aéreo (g kg ⁻¹)	
	I%	I%	I%	I%	I%	I%	I%	I%	I%	I%	I%	
NI	8,26 b	9,55 b	0,53b	1,30 a	11,43 b	28,36 bA	28,77 bA					
FSP	11,01 a	18,14 a	0,83a	1,55 a	15,90 a	32,42 aA	32,48 aA	13				
FMA	11,52 a	16,39 a	0,85a	1,56 a	16,19 a	32,35 aA	31,90 aA	11				
FSP+FMA	11,05 a	17,98 a	0,83a	1,56 a	16,14 a	33,22 aA	31,61 aB	9,8				
CV (%)	10,4	7,99	11,8	10,7	6,84	1,46						

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$). NI = não inoculado; FSP = fungo solubilizador de fosfato; FMA = fungo micorrízico arbuscular; FRA - = sem adição de fosfato de rocha Arad; FRA + = com adição de fosfato de rocha Arad; CV = coeficiente de variação; I = incremento $\{100[(X-Y)/Y]$, X = tratamento inoculado e Y = tratamento controle}.

De modo geral as plantas inoculadas tiveram maior teor de nutrientes (N, P e K) comparadas às não inoculadas (Tabela 3). O incremento no crescimento e no teor de nutrientes proporcionado pela inoculação pode ser atribuído à solubilização do P pelo fungo e ao aumento da área de absorção promovido pelas hifas extrarradiculares dos FMA, possibilitando maior contato com as partículas do solo e crescimento radial além da zona de depleção de nutrientes, beneficiando a absorção de macronutrientes (Nogueira & Cardoso, 2000).

Os FMA podem contribuir para a absorção dos nutrientes, estimando-se aumento de até 80% na absorção de P e entre 10 a 25% na absorção de N e K (Siqueira et al., 2002). Embora nos

tratamentos com FMA tenham ocorrido altos valores de incremento de P nos tecidos aéreo e radicular em relação ao tratamento não inoculado (Tabela 3), os índices não alcançaram o percentual ótimo observado por Siqueira et al. (2002). Entretanto, para o N no tecido aéreo, as taxas de incremento mantiveram-se entre os percentuais estimados, e para o K aéreo e radicular e N no tecido radicular, os valores foram superiores aos relatados por estes autores.

Ao final do experimento, a redução do fósforo no solo (Figura 1) foi maior nos tratamentos inoculados, principalmente naquelas com FMA, em comparação ao controle, o que pode ser atribuído à solubilização pelo FSP e maior aproveitamento na absorção deste elemento

pelos FMA. A redução no teor de P no solo e maior crescimento das plantas inoculadas com FMA, isolado ou em combinação com FSP, demonstra o uso eficiente do P disponível no

solo por meio da simbiose micorrízica, sugerindo a possibilidade de redução na adubação fosfatada.

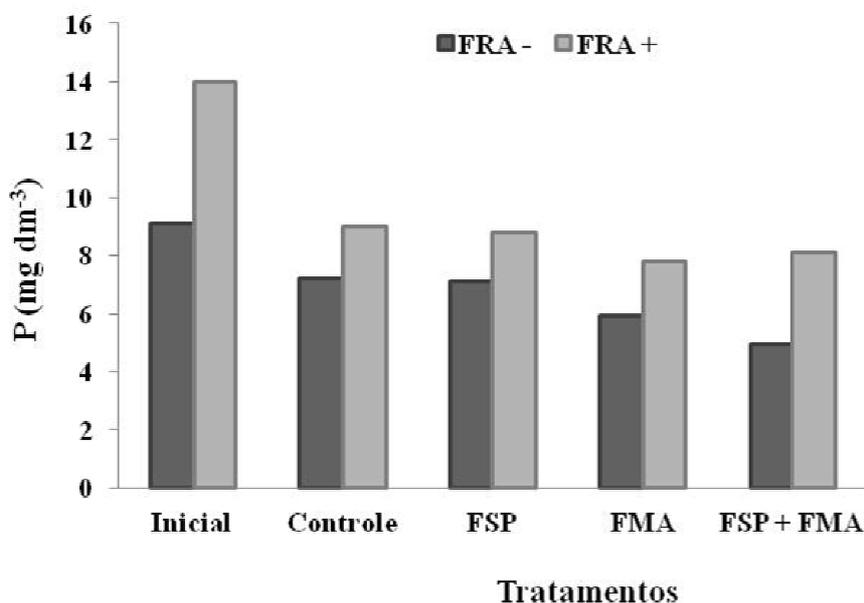


Figura 1 - Teor de fósforo (P) total no solo no início e ao final do experimento, aos 90 dias, nos diferentes tratamentos de inoculação, na rizosfera de videira (*Vitis vinifera* cv. Cabernet sauvignon). Controle = sem FSP e sem FMA; FSP = fungo solubilizador de fosfato; FMA = fungo micorrízico arbuscular; FRA - = sem adição de fosfato de rocha Arad; FRA + = com adição de fosfato de rocha Arad.

Figure 1 - Content of total phosphorus (P) in soil at the beginning and end of the experiment, at 90 days, in the different treatments of inoculation in the rhizosphere of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon).

Novas pesquisas devem ser realizadas visando confirmar a capacidade e/ou selecionar FSP e FMA capazes de beneficiar o crescimento e o teor de nutrientes, como potencial alternativa para redução de insumos agrícolas, principalmente para o cultivo de culturas de alta exigência nutricional e de importância para o desenvolvimento econômico da região semiárida. A aplicação de fungos solubilizadores de P e os micorrízicos arbusculares é recomendada como uma forma sustentável para aumentar o rendimento das culturas e diminuir o uso excessivo de fertilizantes fosfatados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de doutorado (F.P. Coutinho) e de PQ (A.M. Yano-Melo), à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia

do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de doutorado (E.M. Silva) e auxílio à pesquisa, à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semiárido) e à Fazenda Planaltino (ViniBrasil) pelo suporte à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AHUJA, A.; GHOSH, S. B.; D'SOUZA, S. F. Isolation of a starch utilizing, phosphate solubilizing fungus on buffered medium and its characterization. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 3408-3411, 2007.
- ALBUQUERQUE, T. C. S.; SILVA, D. J.; FARIA, C. M. B.; PEREIRA, J. R. Nutrição e Adubação. In: SOARES, J.M.; LEÃO, P.C.S. (eds.) **A vitivinicultura no semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, p.431-443. 2009.
- ANZANELLO, R.; SOUZA, P. V. D.; CASAMALI, B. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em porta-enxertos micropropagados de videira. **Bragantia**, v. 70, p. 409-415, 2011.

- ASSUMPÇÃO, L. C.; LACAVALA, P. T.; DIAS, A. C. F.; AZEVEDO, J. L.; MENTEN, J. O. M. Diversidade e potencial biotecnológico da comunidade bacteriana endofítica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 503-510, 2009.
- BABANA, A. H.; ANTOUN, H. Effect of Tilemsi phosphate rock-solubilizing microorganisms on phosphorus uptake and yield of field-grown wheat (*Triticum aestivum* L.) in Mali. **Plant and Soil**, v. 287, p. 51-58, 2006.
- BELEW, D.; ASTATKIE, T.; MOKASHI, M. N.; GETACHEW, Y.; PATIL, C. P. Effects of salinity and mycorrhizal Inoculation (*Glomus fasciculatum*) on Growth Responses of Grape Rootstocks (*Vitis* spp.). **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 31, p. 82-88, 2010.
- BOJINOVA, D.; VELKOVA, R.; IVANOVA, R. Solubilization of Morocco phosphorite by *Aspergillus niger*. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 7348-7353, 2008.
- CHANG, C. H.; YANG, S. S. Thermo-tolerant phosphate-solubilizing microbes for multi-functional biofertilizer preparation. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 1648-1658, 2009.
- CHUANG, C. C.; KUO, Y. L.; CHAO, C. C.; CHAO, W. L. Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by *Aspergillus niger*. **Biology and Fertility of Soils**, v. 43, p. 575-584, 2007.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 212p. 1997.
- FREITAS, N.; YANO-MELO, A. M.; SILVA, F. S. B.; MELO, N. F.; MAIA, L.C. Soil biochemistry and microbial activity in vineyards under conventional and organic management at Northeast Brazil. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 223-229, 2011.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, p. 489-500, 1980.
- KARA, Z.; SABIR, A.; DUMAN, S. Effects of mycorrhizal applications on vegetative development of grape cuttings. **Bulletin UASVM Horticulture**, v. 68, p. 269-274, 2011.
- KUMARI, A.; KAPOOR, K. K.; KUNDU, B. S.; MEHTA, R. K. Identification of organic acids produced during rice straw decomposition and their role in rock phosphate solubilization. **Plant and Soil Environment**, v. 54, p. 72-77, 2008.
- MATIAS, S. R.; PAGANO, M. C.; MUZZI, F. C.; OLIVEIRA, C. A.; CARNEIRO, A. A.; HORTA, S. N.; SCOTTI, M. R. Effect of rhizobia, mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing microorganisms in the rhizosphere of native plants used to recover an iron ore area in Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 1, p. 1-8, 2009.
- MELO, G. W. Recomendações de fertilizantes e corretivos para a cultura da videira na Serra Gaúcha (Safrá 2002/2003). **Circular Técnica**, 40. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 4 p. 2002.
- MELO, G. W. 2008. **Adubação e manejo do solo para a cultura da videira**. Disponível em: <http://www.cnpqv.embrapa.br/publica/sprod/viticultura/adubvid.html>. Acesso em: 09 abr. 2016.
- MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B. **Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica**. Planaltina: Embrapa Cerrados. 2003.
- MINHONI, M. T. A.; AULER, P. A. M. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 841-847, 2003.
- MITTAL, V.; SINGH, O.; NAYYAR, H.; KAUR, J.; TEWARI, R. Stimulatory effect of phosphate-solubilizing fungal strains (*Aspergillus awamori* and *Penicillium citrinum*) on the yield. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, p. 718-727, 2008.
- NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Produção de micélio externo por fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 329-338, 2000.
- OUAHMANE, L.; THIOULOUSE, J.; HAFIDI, M.; PRIN, Y.; DUCOUSSO, M.; GALIANA, A.; PLENCHETTE, C.; KISA, M.; DUPONNOIS, R. Soil functional diversity and P solubilization from rock phosphate after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi. **Forest Ecology and Management**, v. 241, p. 200-208, 2007.
- REDDY, M. S.; KUMAR, S.; BABITA, K. Biosolubilization of poorly soluble rock phosphates by *Aspergillus tubingensis* and *Aspergillus niger*. **Bioresource Technology**, v. 84, p. 187-189, 2002.
- SILVA, G. A.; SIQUEIRA, J. O.; STÜRMER, S. L. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos sob diferentes sistemas de uso na região do Alto Solimões na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 39, p. 477-488, 2009.
- SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1495-1508, 2001.

SINGH, H.; REDDY, M. S. Effect of inoculation with phosphate solubilizing fungus on growth and nutrient uptake of wheat and maize plants fertilized with rock phosphate in alkaline soils. **European Journal of Soil Biology**, v. 47, p. 30-34, 2011.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares: origem e características dos fungos Glomaleanos. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v. 25, p. 12-21, 2002.

SMITH, S. E.; READ, D. **Mycorrhizal symbiosis**. Boston: Academic Press. 2008.

SOUCHIE, E. L.; AZCÓN, R.; BAREA, J. M.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Phosphate solubilization and synergism between P-solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1405-1411, 2006.

STATSOFT INC. **Statistica for Windows**. Tulsa: Statsoft Inc. 1997.

VASSILEV, N.; VASSILEVA, M.; BRAVO, V.; FERNÁNDEZ-SERRANO, M.; NIKOLAEVA, I. Simultaneous phytase production and rock phosphate solubilization by *Aspergillus niger* grown on dry olive wastes. **Industrial Crops and Products**, v. 26, p. 332-336, 2007.

WEBER, O. B., SOUZA, C. C. M. S., GONDIN, D. M. F., OLIVEIRA, F. N. S., CRISSÓSTOMO, L. A., CAPRONI, A. L., SAGGIN JÚNIOR, O. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de cajueiro-anão-precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 477-483, 2004.

YADAV, J.; VERMA, J. P.; TIWARI, K. N. Plant growth promoting activities of fungi and their effect on chickpea plant growth. **Asian Journal of Biological Sciences**, v. 4, p. 291-299, 2011.